MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

INSTALAȚII ELECTRICE INDUSTRIALE

Manual pentru clasa a XII-a licee industriale și de matematică-fizică cu profil de electrotehnică și matematică-electrotehnică și școli profesionale

XII

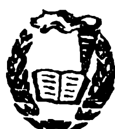
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Ing. NICULAE MIRA
Ing. CONSTANTIN NEGUȘ, profesor

INSTALAȚII ELECTRICE INDUSTRIALE

ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Manual pentru clasa a XII-a — licee industriale și de matematică-fizică
cu profil de electrotehnică
(meseria electrician de întreținere și reparații) —
și școli profesionale



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Capitolul 1

INSTALAŢII ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE DE LUMINĂ ŞI FORŢĂ

A. INSTALAŢII DE ILUMINAT ŞI PRIZE

1. Noţiuni de luminotehnică

Luminotehnica este un domeniu al ştiinţei care se ocupă cu studiul iluminatului; acesta este deosebit de important în activitatea omului. Multă vreme omul şi-a desfăşurat activitatea numai la lumina naturală. Din dorinţa de a-şi continua activitatea şi pe durata în care lumina naturală era insuficientă sau în locurile fără lumină naturală, omul a descoperit şi perfecţionat în timp sursele de iluminat artificial. Începînd din a doua jumătate a secolului al XIX-lea, au apărut sursele de lumină electrice, care s-au perfecţionat într-atît, încît în prezent iluminatul artificial este practic în totalitate electric.

Din studiile care s-au făcut, a rezultat că iluminatul influenţează direct calitatea muncii depuse de om. Astfel, un iluminat bun (corect dimensionat, executat şi întreţinut) contribuie la diminuarea oboselii (în special a ochilor) în timpul lucrului, la ridicarea calităţii produselor realizate, la mărirea productivităţii muncii, la diminuarea numărului de accidente de muncă etc. Prin studii şi cercetări s-au stabilit condiţiile concrete — cantitative şi calitative — pe care trebuie să le îndeplinească iluminatul pentru fiecare loc de muncă. Aceste condiţii (cuprinse în norme şi standarde) au un caracter tehnico-economic şi de aceea ele diferă relativ mult de la ţară la ţară.

a. Natura luminii

Lumina reprezintă radiaţiile electromagnetice care au proprietatea de a impresiona retina ochiului. Experimental, s-a constatat că aceste radiaţii au lungimea de undă cuprinsă în intervalul 0,38 μ ... 0,76 μ. Ele mai poartă denumirea de **radiaţii vizibile.**

Dacă pe retina ochiului ajung radiaţii de o singură lungime de undă, omul are senzaţia de culoare, care depinde de lungimea de undă. Astfel, pentru $\lambda = 0{,}38\ \mu$, senzaţia este de violet, pentru $\lambda = 0{,}76\ \mu$ — de roşu, pentru $\lambda = 0{,}556\ \mu$ — de galben-verzui etc. O astfel de lumină, în care sînt radiaţii de o singură lungime de undă, se numeşte **lumină monocromatică.**

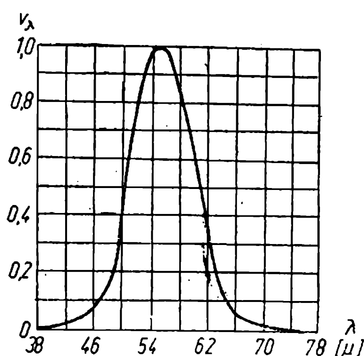


Fig. 1.1. Curba de variație cu lungimea de undă a sensibilității relative spectrale.

Din practică, s-a constatat că ochiul omului nu percepe la fel radiațiile monocromatice, cu aceeași putere de emisie. Astfel, pentru lungimea de undă $\lambda_0 = 0,556\ \mu$ ochiul are cea mai mare sensibilitate. Dacă ochiul privește simultan două surse de aceeași putere (p_{λ_0}), care emit radiații luminoase, una pe lungimea de undă λ_0 și alta pe o lungime de undă oarecare λ, prima dintre ele va apărea ochiului mai strălucitoare. Ca senzația luminoasă să fie aceeași, este necesar să se mărească puterea sursei a doua (care emite pe lungimea de undă λ) de la p_{λ_0} la p_λ. Raportul p_{λ_0}/p_λ este subunitar și poartă numele de **sensibilitate relativă spectrală**:

$$v_\lambda = \frac{p_{\lambda_0}}{p_\lambda}. \qquad (1.1)$$

În figura 1.1 este arătat modul cum variază v_λ cu lungimea de undă λ. Deci, dacă o sursă de lumină monocromatică emite pe lungimea de undă λ_i cu puterea $p_{\lambda i}$, ea provoacă ochiului aceeași senzație ca și o sursă ce emite pe lungimea de undă λ_0 cu puterea p_{λ_0}:

$$p_{\lambda_0} = v_{\lambda i} p_{\lambda i}, \qquad (1.2)$$

unde $v_{\lambda i}$ corespunde lungimii de undă λ_i din figura 1.1.

În același timp, rezultă că pentru toate radiațiile electromagnetice cu lungimea de undă în afara domeniului (0,38 ... 0,76) μ sensibilitatea relativă spectrală este nulă ($v_\lambda = 0$).

b. Mărimi și unități fotometrice

● **Fluxul luminos.** Dacă o sursă de lumină emite simultan radiații luminoase pe mai multe lungimi de undă $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$ cu puterile respectiv $p_{\lambda_1}, p_{\lambda_2} \ldots p_{\lambda n}$, aceasta va crea o senzație de aceeași intensitate ca și puterea

$$\psi = \sum_{i=1}^{n} v_{\lambda i} p_{\lambda i} \qquad (1.3)$$

emisă pe lungimea de undă λ_0. Puterea ψ poartă numele de **flux luminos.** Unitatea de măsură este wattul luminos (Wl). În fotometrie, în sistemul internațional se utilizează o altă unitate de măsură, lumenul (lm), care este de 680 de ori mai mică decît wattul luminos. De aceea fluxul luminos, exprimat în lumeni este dat de relația:

$$\Phi = 680 \sum_{i=1}^{n} v_{\lambda_i} p_{\lambda_i}\ [\text{lm}]. \qquad (1.4)$$

Dacă puterea totală a sursei de lumină este P (sursa de lumină emite în afară de radiații luminoase și alte radiații electromagnetice, în special infraroșii), atunci randamentul sursei este:

$$\eta = \frac{\psi}{P}\left[\frac{\text{Wl}}{\text{W}}\right]. \tag{1.5}$$

Acesta are valori de 1,5—2,5% pentru sursele cu filament incandescent și 5—10% pentru sursele fluorescente. Mai des, în locul randamentului se utilizează **eficacitatea luminoasă** care este dată de raportul:

$$e = \frac{\Phi}{P}\left[\frac{\text{lm}}{\text{W}}\right]. \tag{1.6}$$

Sursele cu filament incandescent au eficacitatea de 10—17 lm/W, iar cele fluorescente, de 34—70 lm/W.

● **Intensitatea luminoasă.** Așa cum s-a arătat în capitolul 2 din manualul pentru clasa a XI-a, sursele de lumină sînt montate în corpuri de iluminat. Corpurile de iluminat nu au fluxul luminos uniform repartizat în toate direcțiile. Pentru a putea cunoaște această distribuție a fluxului luminos, s-a introdus noțiunea de *intensitate luminoasă* ($I_{\alpha,\beta}$). Aceasta reprezintă mărimea fluxului luminos pe o direcție (α, β) în spațiu, pornind din centrul sursei (sau corpului de iluminat). Matematic, aceasta se exprimă prin raportul:

$$I_{\alpha,\beta} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}, \tag{1.7}$$

unde $\Delta\Omega$ este un unghi solid foarte mic în jurul direcției (α, β) (fig. 1.2), iar $\Delta\Phi$ este fluxul luminos cuprins în acest unghi solid.

O direcție în spațiu este determinată prin două unghiuri: unghiul β dintre un plan de referință (XOZ în fig. 1.2) și planul care conține direcția și unghiul α pe care aceasta îl face cu verticala (OZ din fig. 1.2) sistemului de referință.

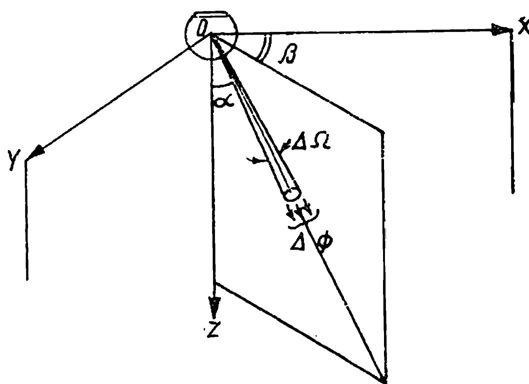


Fig. 1.2. Mărimile care intră în calculul intensității luminoase.

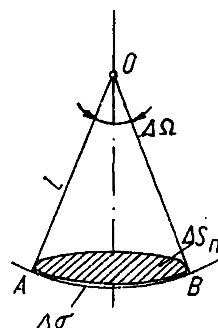


Fig. 1.3. Reprezentarea grafică a unui unghi solid.

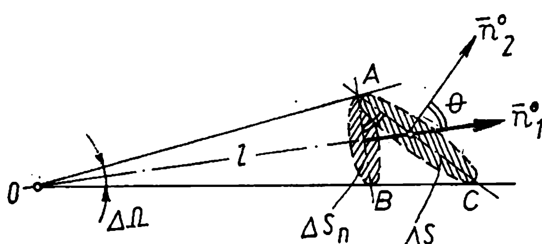


Fig. 1.4. **Mărimile care intră în calculul unui unghi solid.**

Prin **unghi solid** se înțelege o porțiune din spațiu, mărginită de o suprafață conică (fig. 1.3). Matematic, acesta este egal cu raportul dintre aria porțiunii decupate pe o sferă de suprafața conică și pătratul razei sferei. Suprafața decupată pe sferă de unghiul solid Ω (fig. 1.3) este calota sferică σ. Deci unghiul solid se exprimă prin relația:

$$\Omega = \frac{\sigma}{l^2} \tag{1.8}$$

și se măsoară în steradiani. Cînd unghiul solid este foarte mic ($\Delta\Omega$), aria calotei sferice se poate aproxima cu aria bazei calotei sferice care este un cerc (ΔS_n) și unghiul solid are valoarea:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S_n}{l^2}. \tag{1.9}$$

Atunci cînd unghiul solid este foarte mic ($\Delta\Omega$) și suprafața conică se sprijină pe suprafață plană ΔS, înclinată cu unghiul θ față de suprafața ΔS_n (fig. 1.4), valoarea sa este dată de relația:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S_n}{l^2} = \frac{\Delta S \cos\theta}{l^2}, \tag{1.10}$$

Unghiul θ dintre suprafețele ΔS și ΔS_n este același cu unghiul dintre normalele n_1^0 și n_2^0 la aceste suprafețe (normala n_1^0 la ΔS_n se confundă cu axa unghiului solid).

Unitatea de măsură a intensității luminoase este candela (cd), care este echivalentă cu fluxul de un lumen cuprins într-un unghi solid de un steradian.

Dacă dintr-un punct pe fiecare direcție în spațiu s-ar lua cîte un segment proporțional cu intensitatea luminoasă pe acea direcție, extremitățile acestor segmente vor forma o suprafață. Aceasta se numește **suprafață fotometrică,** ar corpul cuprins în interiorul ei, **corp fotometric.** (fig. 1.5) La cea mai mare parte dintre corpurile de iluminat suprafețele fotometrice sînt suprafețe de revoluție (obținute prin rotația unei curbe în jurul axei corpului). De aceea, suprafața poate fi ușor reprezentată printr-o curbă, obținută prin intersecția acesteia cu un plan ce trece prin axa corpului de iluminat. Curba se numește **curbă fotometrică** (fig. 1.6) și redă (la scară) distribuția intensității luminoase (deci și a fluxului luminos) în jurul corpului de iluminat, cînd în acesta s-a montat o sursă de lumină cu un flux luminos de 1 000 lumeni. Pentru aceste situații, în care suprafața fotometrică este simetrică față de toate planele care trec prin axa corpului de iluminat, în exprimarea intensității luminoase este suficient numai unghiul α. Curba fotometrică permite

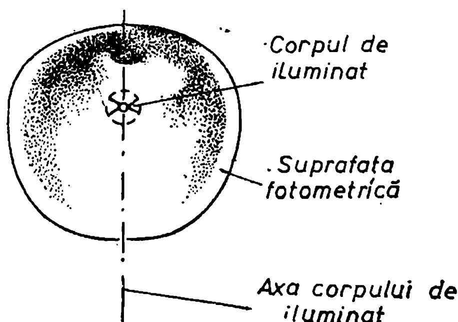


Fig. 1.5. **Suprafața și corpul fotometric.**

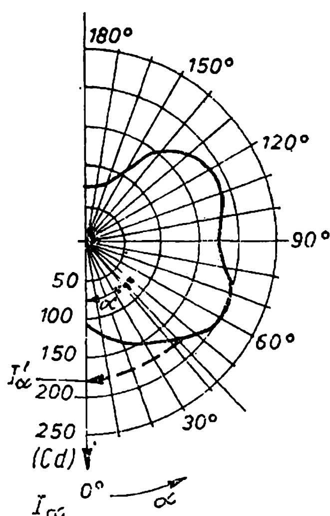


Fig. 1.6. Curbă fotometrică.

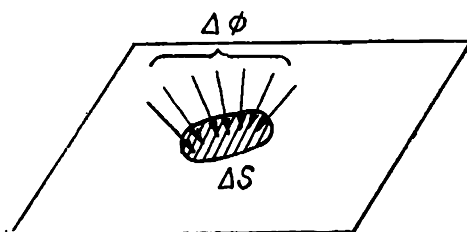


Fig. 1.7. Mărimile care intră în calculul iluminării.

determinarea intensității luminoase a unui corp de iluminat pe o direcție α astfel:

— se duce pe graficul curbei fotometrice, din centrul sistemului de axe, o direcție ce face cu axa verticală unghiul α cunoscut (fig. 1.6);

— se determină punctul de intersecție dintre curba fotometrică și direcția dusă; distanța de la centrul la acest punct este, la scara desenului, intensitatea luminoasă I_α'. Pentru a o afla ușor, pe curba fotometrică se duc curbe de egală intensitate luminoasă *(izocandele)* suficient de apropiate (în cazul figurii 1.6, izocandelele sînt duse din 50 în 50 de candele);

— intensitatea reală a corpului de iluminat pe direcția $\alpha(I_\alpha)$ se calculează cu relația:

$$I_\alpha = I_\alpha' \frac{\Phi_l}{1000}, \tag{1.11}$$

unde Φ_l este fluxul luminos al lămpii cu care este echipat corpul de iluminat.

● **Iluminarea.** Iluminarea este o măsură a fluxului luminos care luminează o suprafață. Se exprimă prin raportul dintre fluxul luminos și aria pe care cade acesta (fig. 1.7):

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S}. \tag{1.12}$$

Unitatea de măsură este luxul* (lx), care reprezintă fluxul luminos de 1 lm, raportat la o arie de 1 m².

Cînd fluxul luminos ΔΦ este trimis pe suprafața ΔS de unul sau mai multe corpuri de iluminat (flux direct), iluminarea E este o iluminare directă. Cînd ΔΦ este un flux reflectat de pereții și tavanul din încăpere, iluminarea E este o iluminare reflectată, iar cînd ΔΦ este

* Pluralul este „lucși".

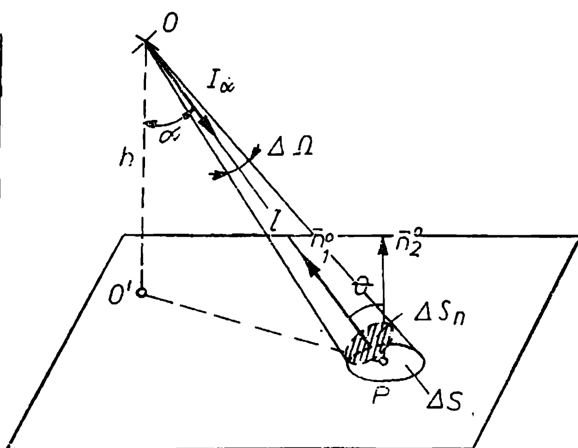


Fig. 1.8. **Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă pentru o sursă punctiformă.**

o sumă de fluxuri direct şi reflectat, iluminarea E este iluminarea totală (şi reprezintă suma iluminărilor directă şi reflectată).

Instalaţiile de iluminat trebuie astfel dimensionate, încît pe planul pe care se lucrează să se realizeze o anumită valoare a iluminării. Aceste valori sînt indicate în normative în funcţie de activitatea care se desfăşoară în încăpere.

Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă. Aceasta se obţine calculînd iluminarea directă pe care o dă o sursă punctiformă O (de exemplu un corp de iluminat incandescent) într-un punct P (fig. 1.8). Se alege în jurul punctului P o suprafaţă foarte mică, ΔS. Aceasta este iluminată de un flux ΔQ trimis de sursa O în unghiul solid $\Delta\Omega$, aflat sub o înclinare α faţă de axa sursei.

Se mai utilizează notaţiile:

I_α — intensitatea luminoasă pe direcţia α, trimisă de sursă către punctul P;

l — distanţa de la sursă la punctul (OP);

θ — unghiul dintre raza de lumină OP şi normala (n_2^o) la suprafaţa ΔS.

Deoarece suprafaţa ΔS s-a ales foarte mică, toate punctele din aceasta vor avea aceeaşi iluminare. Deci iluminarea în punctul P, după relaţia (1.21) este $E_p = \Delta\Phi/\Delta S$. Utilizînd relaţiile (1.7), (1.9), (1.10) şi notaţiile de mai sus, rezultă:

$$E_p = \frac{I_\alpha \Delta\Omega}{\Delta S} = \frac{I_\alpha}{\Delta S}\,\frac{\Delta S_n}{l^2} = \frac{I_\alpha}{\Delta S}\,\frac{\Delta S \cos\theta}{l^2} = \frac{I_\alpha \cos\theta}{l^2}, \qquad (1.13)$$

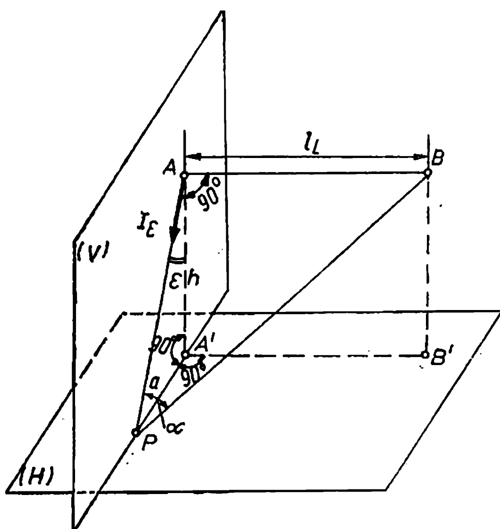


Fig. 1.9. **Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă pentru o sursă liniară.**

Pentru cazul particular în care $\alpha = \theta$ (axa corpului de iluminat este perpendiculară pe planul în care se află punctul P), relaţia (1.13) se scrie:

$$E_p = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{l^2} = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2} \qquad (1.14)$$

unde h este distanţa de la corpul de iluminat la planul punctului P (fig. 1.8). I_α se va determina folosind curba fotometrică şi relaţia (1.11).

Dacă sursa de lumină este liniară (de exemplu un corp de iluminat fluorescent), relaţia dintre iluminarea în punctul P (fig. 1.9) şi intensitatea luminoasă este:

$$E_p = \frac{I_\varepsilon h}{a^2 + h^2}\,\frac{2\alpha + \sin 2\alpha}{4 l_L}. \qquad (1.15)$$

Relația (1.15) se utilizează numai pentru poziția particulară a punctului P desenată în figura 1.9. Punctul P trebuie să se afle într-un plan orizontal H și pe dreapta care rezultă din intersecția planului H cu un plan vertical V, dus printr-unul din capetele sursei (capătul A în fig. 1.9).

Notațiile folosite au următoarele semnificații:

h este distanța de la sursa AB la planul orizontal H ($h = AA'$);

a — distanța dintre P și A';

$\varepsilon = \text{arc tg}\ \dfrac{a}{h}$ (din triunghiul dreptunghic APA') este unghiul după care este dirijată intensitatea luminoasă (I_ε) către punctul P;

l_L — lungimea corpului de iluminat AB;

$\alpha = \text{arc tg}\ \dfrac{l_L}{\sqrt{a^2 + h^2}}$ (din triunghiul dreptunghic APB) este unghiul sub care se vede din punctul P sursa de lumină.

În cazul real, punctul P se află într-una din pozițiile desenate în figura 1.10. În prima situație (figurile 1.10, *a1*, și 1.10, *b1*), iluminarea în P se determină ca fiind diferența dintre iluminările date de sursele ipotetice $MB = l_1$ și $MA = l_2$;

$$EP = \frac{I_\varepsilon h}{a^2 + h^2}\left(\frac{2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1}{4l_L} - \frac{2\alpha_2 + \sin 2\alpha_2}{4l_L}\right). \tag{1.16}$$

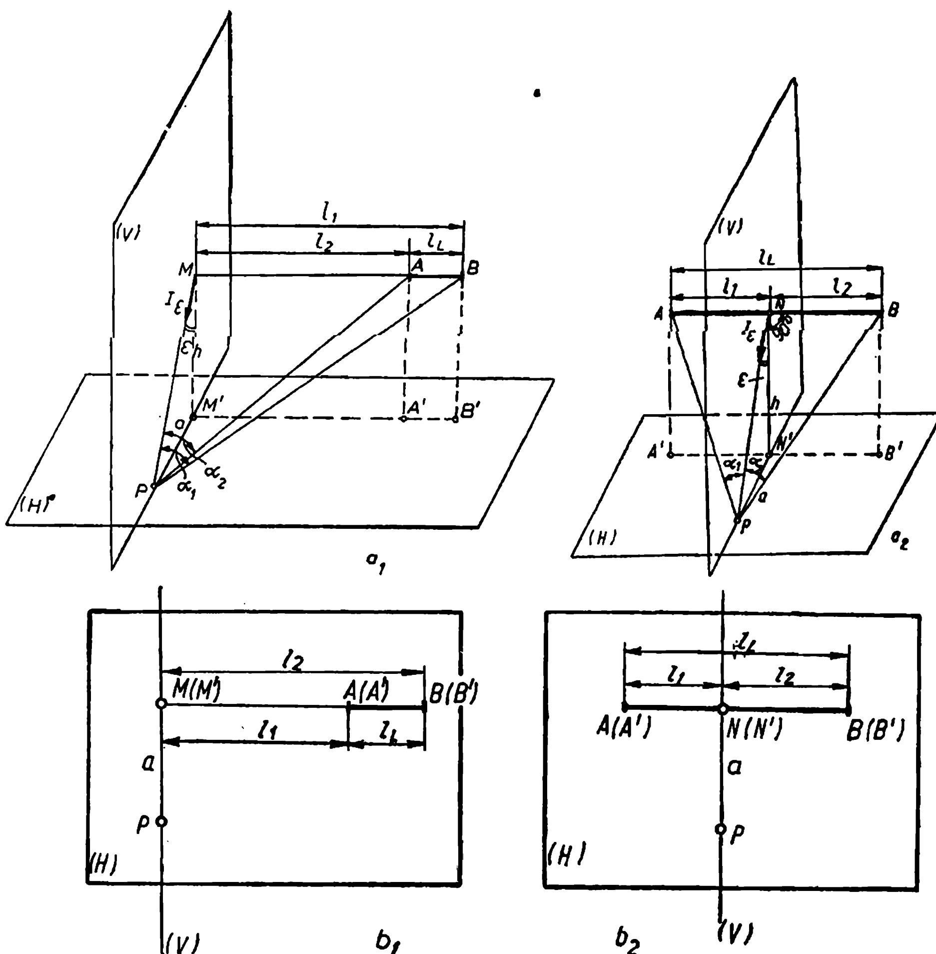


Fig. 1.10. **Pozițiile reale ale punctului P în raport cu sursa liniară:**
a_1, a_2 — vederi în spatiu; b_1, b_2 — vederi în plan.

unde ε, a, h, l au semnificațiile cunoscute, iar α_1 și α_2 sînt:

$$\alpha_1 = \text{arc tg}\frac{l_1}{\sqrt{a^2+h^2}}; \quad \alpha_2 = \text{arc tg}\frac{l_2}{\sqrt{a^2+h^2}}. \tag{1.17}$$

În a doua situație (figurile 1.10, *a2* și 1.10, *b2*), iluminarea în P se determină ca fiind suma dintre iluminările date de sursele ipotetice $NB = l_1$ și $NA = l_2$;

$$E_P = \frac{I\varepsilon h}{a^2+h^2}\left(\frac{2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1}{4l_L} + \frac{2\alpha_2 + \sin 2\alpha_2}{4l_L}\right). \tag{1.18}$$

unde, ε, a, h și l_L își păstrează semnificațiile și α_1 și α_2 se determină cu relațiile (1.17).

În figura 1.10, *b* sînt arătate aceleași poziții ale punctului P în raport cu corpul de iluminat, desenate însă în plan. Trebuie observat că numai mărimile a, l_1, l_2 și l_L se văd în adevărată mărime, celelalte trebuie calculate cu relațiile corespunzătoare.

Iluminarea directă medie(E_{med}). Fluxul luminos trimis de o sursă O (fig. 1.11) pe o suprafață întinsă S nu este uniform distribuit.

Suprafața S se împarte în n suprafețe egale $\Delta S = S/n$. Cu cît numărul n se alege mai mare, cu atît calculul va fi mai exact, deoarece suprafețele ΔS vor fi atît de mici încît pe fiecare din ele se poate aprecia că fluxul cade uniform. Fluxul pe o astfel de suprafață va fi:

$$\Delta\varphi_i = E_i\,\Delta S, \tag{1.19}$$

unde E_i este iluminarea calculată în centrul P_i al suprafeței ΔS. Fluxul total trimis pe suprafața S va fi:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n}\Delta\varphi_i = \sum_{i=1}^{n}E_i\Delta S. \tag{1.20}$$

Înlocuind pe ΔS cu S/n și fluxul Φ cu produsul $E_{med}S$ rezultă:

$$E_{med}S = \sum_{i=1}^{n}E_i\frac{S}{n} = S\,\frac{\sum_{i=1}^{n}E_i}{n};$$

$$E_{med} = \frac{\sum_{i=1}^{n}E_i}{n}. \tag{1.21}$$

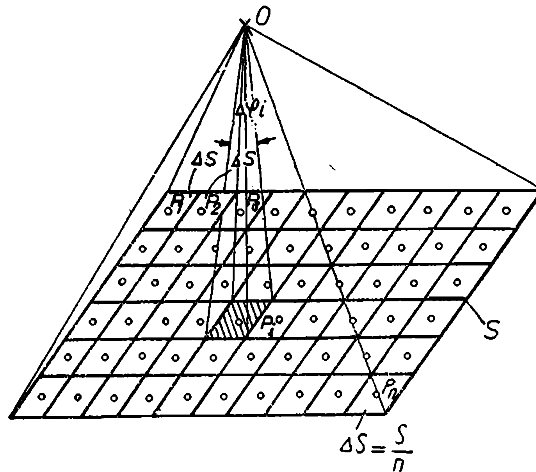


Fig. 1.11. Calculul iluminării directe medii pe o suprafață întinsă.

Deci, iluminarea directă medie pe o suprafață întinsă *S* este media aritmetică a iluminărilor calculate în centrele unor suprafețe egale.

Pentru calculele practice ale iluminării directe medii, se vor folosi relațiile (1.13), (1.14), (1.16) și (1.18), în care termenul din dreapta se va înmulți cu un coeficient Δ *(coeficientul de depreciere)*. Valorile coeficientului de depreciere sînt indicate în *Normativul PE 136* (acestea indică faptul că iluminarea scade din cauza degajărilor de praf din încăpere și scăderii fluxului luminos al surselor de lumină în timp datorită îmbătrînirii).

Iluminarea reflectată medie. Fluxul luminos (Φ_c) al corpurilor de iluminat dintr-o încăpere se împarte în două părți (fig. 1.12):

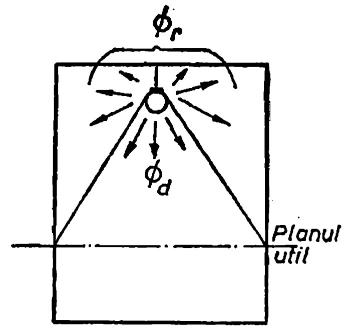


Fig 1.12. Distribuția fluxului luminos într-o încăpere.

Φ_d — fluxul ce este trimis direct pe planul ce trebuie iluminat și pe care se desfășoară o activitate utilă (numit *plan util*);

Φ_r — fluxul ce este trimis inițial pe pereții și tavanul încăperii.

Fluxul Φ_r va fi reflectat de pereții și tavanul încăperii în proporție $\rho_m\Phi_r$, unde ρ_m este *coeficientul mediu de reflexie* al pereților și tavanului. Acest flux $\rho_m\Phi_r$ retrimis în încăpere este dirijat astfel:

— o parte pe planul util: $\gamma(\rho_m\Phi_r)$;

— restul, adică $(1-\gamma)\rho_m\Phi_r$ din nou pereții și tavanul încăperii.

Prin γ s-a notat proporția din fluxul reflectat de pereții și tavanul încăperii care ajunge pe planul util.

Fluxul $(1-\gamma)\rho_m\Phi_r$ va urma același drum ca și fluxul Φ_r, așa cum rezultă din tabelul 1.1. Pe planul util va ajunge fluxul Φ_R:

TABELUL 1.1

Calculul fluxului ce determină componenta reflectată pe planul util

Flux ce ajunge pe planul util	Flux reflectat de pereți si tavan	Flux ce cade pe pereți și tavan	Flux absorbit de pereți și tavan
		Φ_r	
	$\rho_m\Phi_r$		$(1-\rho_m)\Phi_r$
$\gamma\rho_m\Phi_r$		$(1-\gamma)\rho_m\Phi_r$	$\rho_m(1-\rho_m)(1-\gamma)\Phi_r$
	$(1-\gamma)\rho_m^2\Phi_r$		
$\gamma(1-\gamma)\rho_m^2\Phi_r$		$(1-\gamma)^2\rho_m^2\Phi_r$	$\rho_m^2(1-\rho_m)(1-\gamma)^2\Phi_r$
	$(1-\gamma)^2\rho_m^3\Phi_r$		
$\gamma(1-\gamma)^2\rho_m^3\Phi_r$		$(1-\gamma)^3\rho_m^3\Phi_r$	
⋮	⋮	⋮	⋮
		$(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^{n-1}\Phi_r$	
	$(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\Phi_r$		
$\gamma(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\Phi_r$		$(1-\gamma)^n\rho_m^n\Phi_r$	$\rho_m^{n-1}(1-\rho_m)(1-\gamma)^{n-1}\Phi_r$
⋮	⋮	⋮	⋮

$$\Phi_R = \gamma\rho_m\Phi_r + \gamma(1-\gamma)\rho_m^2\Phi_r + \gamma(1-\gamma)^2\rho_m^3\Phi_r + \ldots +$$

$$+\gamma(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\Phi_r + \ldots = \frac{\gamma\rho_m\Phi_r}{1-\rho_m(1-\gamma)}. \qquad (1.22)$$

Înlocuind fluxul Φ_r cu:

$$\Phi_r = \Phi_c - \Phi_d = \Phi_c \left(1 - \frac{\Phi_d}{\Phi_c}\right) = \xi\Phi_c = \xi\Delta\eta N_n\Phi_l, \tag{1.23}$$

unde cu ζ s-a notat diferența din paranteză, cu Δ — coeficientul de depreciere al fluxului din încăpere, cu η — randamentul corpului de iluminat, cu N — numărul de corpuri de iluminat din încăpere, cu n — numărul de lămpi cu care se echipează un corp de iluminat și cu Φ_l — fluxul luminos al unei lămpi și înlocuind (1.23) în (1.22) și împărțind la aria planului util (S), rezultă iluminarea reflectată medie:

$$E_R = \frac{\Delta\gamma\rho_m\zeta_n N_n\Phi_l}{[1 - \rho_m(1 - \gamma)]S_d}. \tag{1.24}$$

Pentru ρ_m și γ se pot utiliza relațiile:

$$\rho_m = \frac{\rho_p S_p + \rho_t S_t}{S_p + S_t}, \tag{1.25}$$

unde ρ_p și ρ_t sînt coeficienții de reflexie pentru pereți și respectiv tavan, iar S_p și S ariile:

$$\gamma = \frac{S_d}{S_p + S_t + S_d}, \tag{1.26}$$

unde S_d, S_p și S_t sînt ariile deja cunoscute.

Pentru calculul lui ξ, fluxul direct Φ_d se determină cu relația:

$$\Phi_d = E_{med}S_d, \tag{1.27}$$

unde E_{med} este iluminarea directă medie pe planul util, care se calculează așa cum s-a arătat în paragraful anterior.

c. Calculul fotometric al instalațiilor de iluminat interior

Acesta se poate referi la *dimensionarea* instalației de iluminat sau la *verificarea* instalației de iluminat.

Dimensionarea presupune determinarea fluxului necesar unei instalații de iluminat astfel ca aceasta să realizeze un anumit nivel de iluminare pe planul util, în timp ce **verificarea** constă în calculul iluminării medii pe care o poate realiza instalația pe planul util și compararea acesteia cu valoarea recomandată de norme.

Cele mai utilizate metode sînt:

— pentru dimensionare: *metoda factorului de utilizare*;

— pentru verificare: *metoda punct cu punct*.

● **Metoda factorului de utilizare.** Fluxul necesar unei instalații de iluminat se determină cu relația

$$\Phi_{nec} = \frac{E_m S_d}{n}, \tag{1.28}$$

unde:

E_m este iluminarea medie ce trebuie realizată pe planul util;

S_d — aria planului util;

u — factorul de utilizare al instalației de iluminat.

Pentru o încăpere a cărei destinație și geometrie se cunosc, E_m și S_d se pot afla cu ușurință.

Pentru valoarea lui u, se folosesc tabele din care acesta se determină în funcție de următoarele caracteristici fotometrice și geometrice:

— tipul corpului de iluminat, care hotărăște tabelul din care se determină valoarea factorului de utilizare *;

---

* Se vor utiliza *Cataloagele de corpuri de iluminat.*

— coeficienții de reflexie ρ_p și ρ_t, care depind de zugrăveala pereților și tavanului;

— geometria încăperii, care este apreciată prin indicele de local i. Acesta se calculează cu relația:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}. \tag{1.29}$$

unde:

a este lungimea încăperii;

b — lățimea încăperii

h — distanța de la planul corpurilor de iluminat la planul util.

Pentru a dimensiona o instalație de iluminat prin metoda factorului de utilizare este necesar să se treacă prin următoarele etape:

— se alege nivelul de iluminare necesar pe planul util și înălțimea acestuia față de pardoseală h_u (ținînd seamă de recomandările din *Normativul PE-136*);

— se stabilesc coeficienții de reflexie pentru pereți și tavan;

— se alege tipul corpului de iluminat și înălțimea de amplasare față de plafon h_a. Corpurile de iluminat vor trebui astfel amplasate, încît distanța de la corp la pardoseală să fie mai mare de 2,5 m (fac excepție numai corpurile de iluminat din locuințe și corpurile fixate pe pereți);

— se calculează indicele localului cu relația (1.28);

— se determină (interpolînd) valoarea factorului de utilizare u, utilizînd datele din cataloagele corpurilor de iluminat;

— se află fluxul necesar cu relația (1.28).

O dată cunoscut fluxul necesar, se determină fluxul lămpii (deci puterea lămpii) ce trebuie montată într-unul din corpuri, cu relația:

$$\Phi_l = \frac{\Phi_{nec}}{Nn}, \tag{1.30}$$

unde n este numărul de lămpi cu care se echipează corpul de iluminat și N numărul de corpuri ce se alege pentru a forma instalația.

Se poate proceda și invers, determinînd numărul N de corpuri ce trebuie să compună instalația dacă se alege lampa cu care se echipează corpul (se alege Φ_l):

$$N = \frac{\Phi_{nec}}{n\Phi_l}. \tag{1.30'}$$

Numărul N rezultat din calcul se rotunjește pînă la o valoare ce trebuie să convină, astfel ca instalația să se poată amplasa și metric și uniform pe plafon. Cînd acest lucru nu este posibil, se modifică n sau Φ_l (sau ambele), pînă se obține o soluție avantajoasă.

● **Metoda punct cu punct** constă în a determina iluminarea medie pe planul util:

$$E_m = E_{med} + E_R, \tag{1.31}$$

unde E_{med} și R_R sînt iluminările medii, directă și reflectată.

Pentru acestea se vor folosi relațiile (1.21) și (1.24). Este necesară observația că în relația (1.21) iluminarea E_i trebuie să fie iluminarea directă în punctul i, dată de toate corpurile de iluminat din încăpere (care se obține prin însumarea iluminărilor date de fiecare dintre corpurile de iluminat).

O instalație de iluminat se apreciază că este bună, dacă valoarea E_m este egală sau mai mare (în limita a 10%) decît valoarea recomandată pentru activitatea ce se desfășoară în încăpere și dacă uniformitatea iluminării pe planul util este mai mare de 0,65. Uniformitatea iluminării este exprimată prin *coeficientul de uniformitate*:

$$c_u = \frac{E_{min}}{E_m} \geq 0{,}65 \tag{1.32}$$

unde E_{min} este iluminarea minimă ce se realizează pe planul util.

d. Amplasarea corpurilor de iluminat

Nu există norme care să fixeze un mod obligatoriu de amplasare a corpurilor de iluminat. În cele ce urmează se vor indica numai cîteva reguli simple de amplasare a corpurilor de iluminat, acceptate în tehnica iluminatului:

— **amplasarea simetrică** (fig. 1.13) se adoptă cînd numărul de corpuri de iluminat este mare, arhitectura plafonului permite aceasta și cînd suprafața ferestrelor este sub 30% din suprafața peretelui pe care acestea se găsesc. Distanța dintre corpurile de iluminat este dublă față de distanța dintre ultimul rînd de corpuri de iluminat și perete (pe ambele direcții);

— **amplasarea asimetrică** (fig. 1.14) se adoptă cînd unul din pereți este mult vitrat. Asimetria va fi numai pe o direcție; tot cîmpul de corpuri de iluminat se apropie de peretele vitrat, astfel ca distanța dintre acesta și primul șir de corpuri de iluminat să nu fie mai mare de 0,8—1 m. Dacă încăperea are doi pereți perpendiculari mult vitrați, asimetria se va extinde pe ambele direcții;

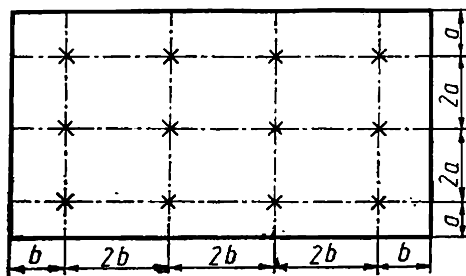


Fig. 1.13. Amplasarea simetrică a corpurilor de iluminat.

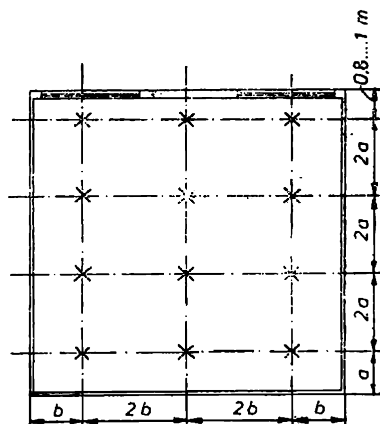


Fig. 1.14. Amplasarea asimetrică a corpurilor de iluminat.

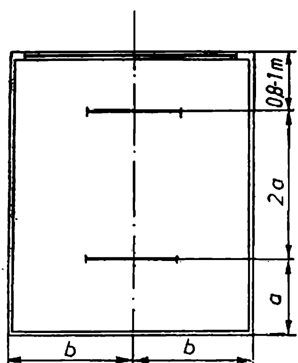


Fig. 1.15. Amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente în încăperile de lucru.

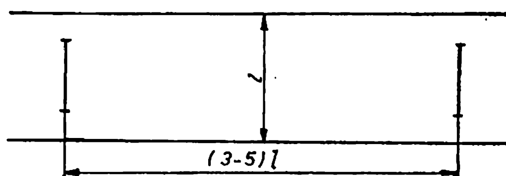


Fig. 1.16. Amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente pe culoare.

— **amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente:**
— în încăperile de lucru se amplasează de regulă, cu axa longitudinală paralelă cu peretele vitrat (fig. 1.15);
— pe culoare se amplasează cu axa longitudinală perpendiculară pe axa acestora (fig. 1.16).

2. Întocmirea schemelor și planurilor instalațiilor de iluminat și prize*

a. Clasificare

Instalațiile electrice pentru iluminat dintr-o clădire se clasifică astfel:

— **instalația electrică pentru iluminat normal,** care servește pentru alimentarea cu energie electrică a corpurilor de iluminat care asigură desfășurarea activității normale în clădire;

— **instalația electrică pentru iluminatul de siguranță,** care servește pentru alimentarea cu energie electrică a unor corpuri de iluminat în cazul defectării instalației electrice pentru iluminatul normal.

Iluminatul de siguranță, la rîndul lui, poate fi:

— *pentru continuarea lucrului,* care se prevede în încăperile unde funcționează receptoare electrice de categorie zero (de exemplu săli de operații, de reanimare, studiouri de radio, de televiziune etc.);

— *pentru evacuarea personalului din clădire,* care se prevede în încăperile și pe căile de circulație din clădire cînd în și pe acestea se află mai mult de 50 de persoane simultan (se prevede practic în toate clădirile industriale și social-administrative);

— *contra panicii,* care se prevede în încăperile cu aglomerări mari de de persoane: peste 400 persoane (de exemplu în sălile de teatru, cinematograf etc.);

— *pentru circulație,* care se prevede în încăperile cu aglomerări de persoane și cu multe obstacole pe căile de evacuare (de exemplu în marile magazine comerciale, hale industriale etc.);

— *pentru veghe,* care se prevede în încăperile în care pe timpul nopții se efectuează serviciul de supraveghere (de exemplu, în dormitoare din creșe, camere de bolnavi etc.);

— *pentru marcarea hidranților,* care se prevede pentru a permite identificarea ușoară a poziției hidranților pe timpul nopții;

— *de pază,* care se prevede în clădiri sau în incintele acestora, pentru a le asigura mai ușor securitatea.

b. Condiții pentru alimentarea corpurilor de iluminat și prizelor

Alimentarea corpurilor de iluminat și prizelor se face prin circuite electrice de la tablourile secundare de lumină. Pentru formarea circuitelor electrice, trebuie respectate **prevederile normativului I-*7-78*** (privind proiectarea

* Este necesar să se revadă cunoștințele învățate în manualul de clasa a XI-a.

şi executarea instalaţiilor electrice la consumatori, cu tensiuni pînă la 1 000 V). Cele mai importante dintre acestea sînt:

— corpurile de iluminat sînt receptoare monofazate care se leagă la o conductă de fază, după ce în prealabil aceasta a trecut prin întreruptor şi la conducta de nul de lucru. Partea metalică a corpului de iluminat se leagă la conducta de nul de protecţie numai în cazurile în care corpul de iluminat se montează la mai puţin de 2 m de la pardoseală sau se montează într-o încăpere cu pericole de electrocutare;

— corpurile de iluminat fluorescente se montează numai cu condensatoare pentru ameliorarea factorului de putere, astfel ca montajul să aibă factorul de putere cos $\varphi = 0,95$;

— corpurile de iluminat şi prizele electrice nu se montează pe materiale combustibile;

— dispozitivele de prindere a corpurilor de iluminat se vor proiecta şi executa astfel încît să reziste la de 5 ori greutatea corpului de iluminat, dar cel puţin a 10 kgf (100 N). Nu este admis ca suspendarea corpurilor de iluminat să se facă de conductele electrice de alimentare;

— întreruptoarele pentru acţionarea corpurilor de iluminat se montează pe pereţi la 1,5 m de la pardoseală şi la 0,8 m de elemente sau instalaţii metalice aflate în contact direct cu solul (ţevi pentru apă rece, pentru încălzire etc.);

— prizele electrice se montează:
  - — la 1,5 m de la pardoseală în camerele pentru copii din creşe, grădiniţe, spitale şi cămine;
    la 2,0 m de la pardoseală în clasele din şcoli;
  - — la 0,1 m de la pardoseală în locuinţe, instituţii, clădiri social-administrative;
  - — la înălţimea necesară din punct de vedere funcţional în industrie, în laboratoarele din învăţămînt, cercetare etc.;
  - — în pardoseală, în încăperile cu suprafeţe mari şi unde este necesară racordarea unui număr mare de receptoare (în atelierele de proiectare, în industrie). În aceste cazuri se prevăd obligatoriu prize cu gradul normal de protecţie *IP 54* * şi rezistenţe la lovituri mecanice;

— prizele se prevăd obligatoriu cu contact de protecţie (ce se va lega la conducta de nul de protecţie) în încăperile cu pardoseala bună conducătoare de electricitate;

— cînd se montează pe acelaşi perete mai multe aparate electrice, ordinea de aşezare a lor de sus în jos este:
  - — întreruptoare, comutatoare, butoane pentru lumină;
  - — butoane pentru sonerii;
  - — prize pentru lumină;
  - — prize pentru telefoane, antenă colectivă, difuzoare;

— în grupurile sanitare prevăzute numai cu lavoare, se pot monta numai întreruptoare şi prize speciale pentru racordat maşina electrică de bărbierit. Nu se montează prize electrice obişnuite;

— în grupurile sanitare cu duş, baie etc. nu se montează nici un fel de aparat electric. De asemenea nu se prevăd circuite electrice cu altă destinaţie şi doze;

— corpurile de iluminat se alimentează în paralel pe circuite electrice. Pe un astfel de circuit monofazat se pot monta pînă la 30 de corpuri de

---

* Vezi capitolul 6.

iluminat, dar care să nu depășească puterea de 3 kW. Pe un circuit trifazat se pot monta pînă la 30 de corpuri de iluminat pe fază, dar care să nu depășească puterea totală de 8 kW. În locuințe, pe un circuit se pot monta pînă la 12 corpuri de iluminat, dar care să nu depășească puterea de 1 000 W. În spațiile comune din clădirile de locuit, pe un circuit se pot monta 15 corpuri de iluminat cu puterea pînă la 1 000 W. În practică, circuitele de lumină nu se încarcă pînă la puterea maximă. Pe un circuit se prevăd corpurile de iluminat din 2—3 încăperi alăturate. Dacă încăperea este foarte importantă ca destinație (cum sînt clasele, laboratoarele din școli etc.) corpurile de iluminat din aceasta se prevăd pe un singur circuit. De asemenea, corpurile de iluminat din casa scării sînt alimentate pe un circuit separat (de regulă, acesta face parte din iluminatul de siguranță), ca și corpurile de iluminat de pe culoarele principale din clădire (mai ales atunci cînd pe aceste culoare se află și tablourile electrice);

— prizele electrice se alimentează pe circuite separate de cele pentru corpurile de iluminat. Pe un circuit de priză se pot monta pînă la 15 prize simple sau duble în clădirile social-administrative și opt în locuințe. Puterea de calcul pentru un astfel de circuit este de 800 W. Dacă se cunoaște puterea receptorului racordat la priză (cum este cazul în industrie sau în laboratoarele din învățămînt), aceasta se ia în calcul. În locuințe, puterea maximă la care se poate utiliza circuitul de priză, fără a-l deteriora, este de 2 000 W. Pentru receptoarele cu putere mai mare (cum sînt sobele, plitele și boilerele electrice) trebuie prevăzute circuite separate (mono- sau trifazate);

— într-un tub de protecție se introduc numai conductele ce aparțin unui singur circuit.

c. Etapele întocmirii schemelor și planurilor instalațiilor de iluminat și prize

Cunoscînd prevederile de mai sus pentru întocmirea schemelor și planurilor instalației de iluminat și prize, se procedează astfel:

● Pe **planul de arhitectură al construcției** (fig. 1.17) se amplasează: corpurile de iluminat (cele fluorescente la scara planului), întreruptoarele de acționare ale acestora și prizele (indicîndu-se dacă sînt cu sau fără contact de protecție, simple sau duble).

În figura 1.17 se dă ca exemplu planul de parter al unui mic institut de proiectare. Se va considera că acesta este format din subsol, parter și două etaje. Fiecare încăpere de la parter a fost numerotată și i s-a indicat destinația. Numărul de corpuri de iluminat, tipul corpului, sursa (sursele) cu care se echipează, înălțimea de montare, întreruptorul și circuitul electric la care se racordează sînt indicate pentru fiecare încăpere în parte astfel:

numărul de corpuri de iluminat (v. fig. 1.17)	tipul corpului de iluminat	puterea lămpii (sau numărul de lămpi, puterea și culoarea la fluorescent)	numărul întreruptorului care le acționează
	numărul circuitului electric	înălțimea de montaj de la pardoseală	

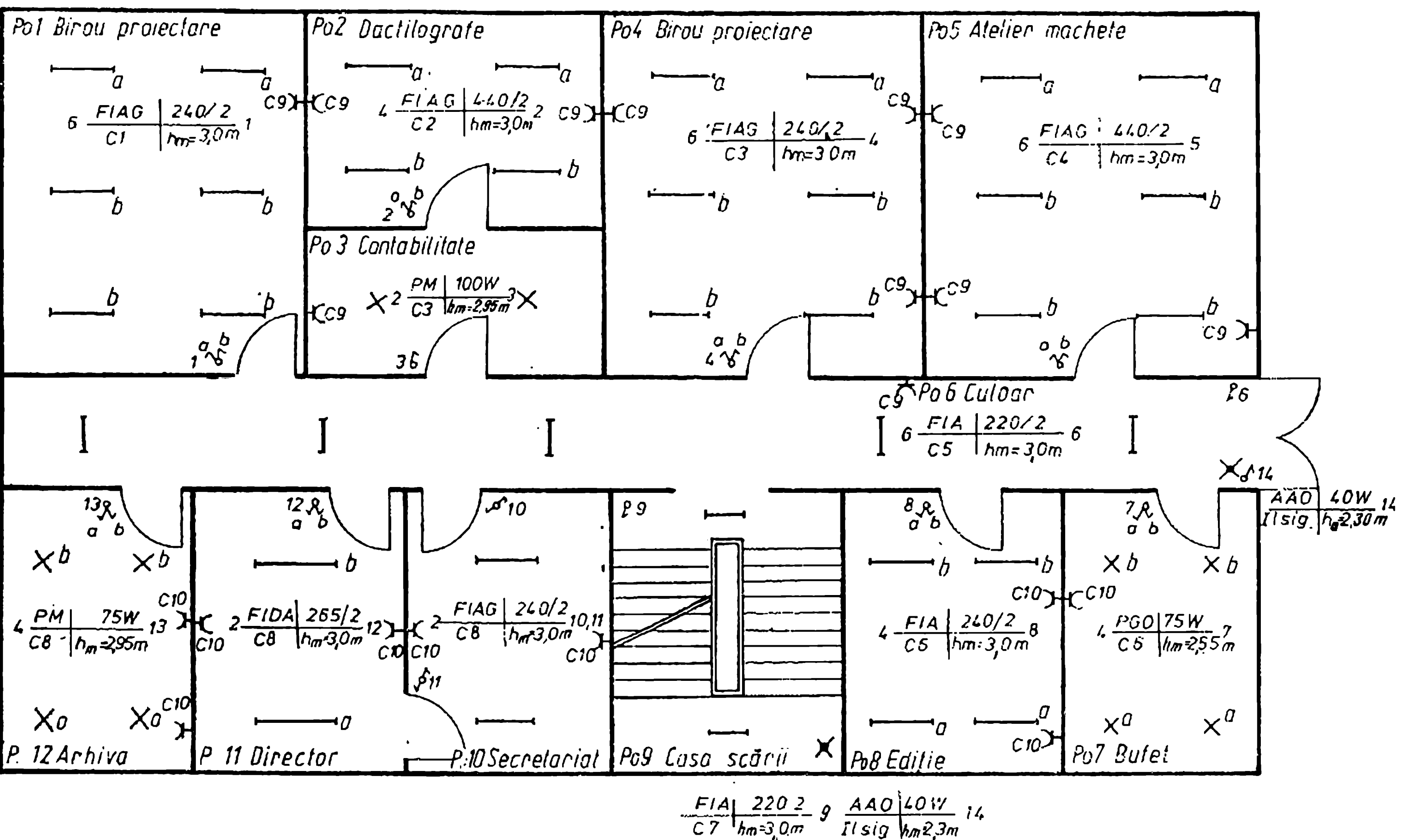
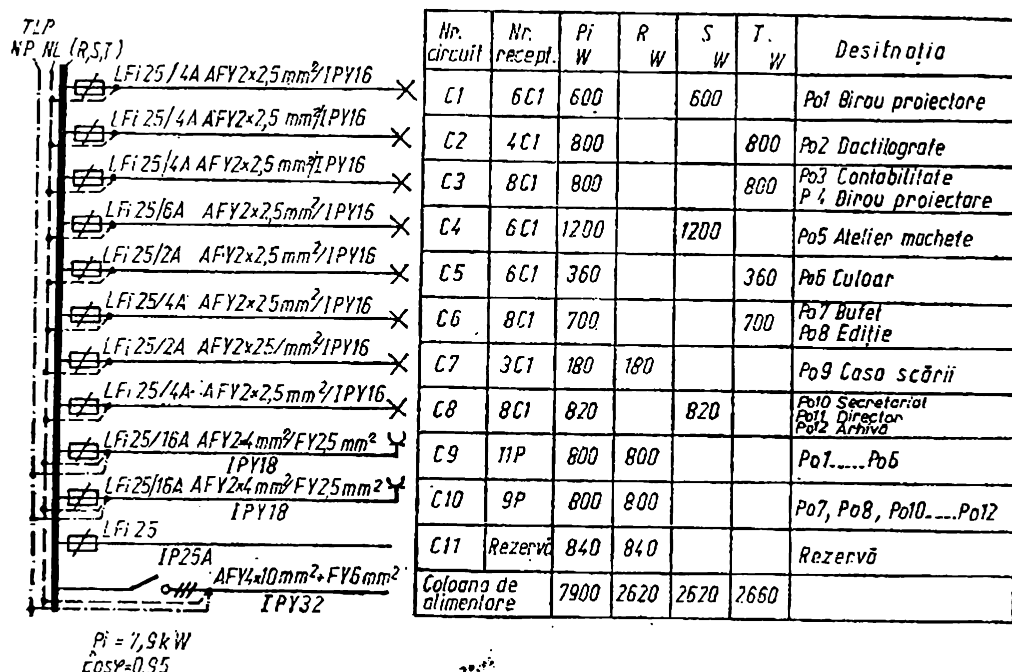


Fig. 1.17. Planul de arhitectură al unei construcţii.

● Se stabilesc grupele de corpuri de iluminat care vor fi alimentate pe acelaşi circuit. Asemănător se procedează cu prizele electrice. Cu aceste date se întocmeşte **schema secundară a tabloului electric de nivel.**

În exemplul dat s-a întocmit schema tabloului de lumină parter *TLP* (fig. 1.18). Se poate observa că circuitul *1* (*C1*) asigură alimentarea celor şase corpuri de iluminat *FIAG-240/2* din încăperea *Po1* (birou de proiectare). Puterea circuitului este de 600 W * şi acţionarea se face de la întreruptorul dublu *1*. În mod asemănător, pot fi urmărite şi celelalte circuite. Prizele din încăperile *Po1* ... *Po6* se află pe circuitul *9* (*C9*), iar celelalte pe circuitul *10* (*C10*). În tablou s-a prevăzut şi un circuit de rezervă (*C11*) cu puterea de 840 W. Cele *11* circuite au fost distribuite pe cele trei faze (*R*, *S* şi *T*), astfel încît puterea pe fiecare să fie aproximativ aceeaşi şi tabloul *TLP* să poată fi considerat în calcul ca un receptor trifazat echilibrat. Puterea instalată a tabloului este de 7,9 kW. Factorul de putere poate fi considerat $\cos\varphi = 0{,}95$, deoarece corpurile de iluminat fluorescente predomină.

Ca iluminat de siguranţă s-a prevăzut numai iluminat pentru evacuarea din clădire. Corpurile de iluminat sînt aplice din aminoplast oblice (*AAO*), cu becuri de 40 W. Sînt amplasate astfel încît să marcheze uşor calea de evacuare din clădire (în casa scării şi la ieşirea din clădire). Toate aceste corpuri sînt pe un singur circuit şi sînt acţionate de la întreruptorul *14*. Întreruptorul este manevrat de personalul de îngrijire la lăsarea întunericului şi corpurile de iluminat vor sta aprinse cît timp există personal în clădire.



Nr. circuit	Nr. recept.	Pi W	R W	S W	T W	Desitnaţia
C1	6C1	600		600		Po1 Birou proiectare
C2	4C1	800			800	Po2 Dactilografe
C3	8C1	800			800	Po3 Contabilitate P4 Birou proiectare
C4	6C1	1200		1200		Po5 Atelier machete
C5	6C1	360			360	Po6 Culoar
C6	8C1	700			700	Po7 Bufet Po8 Ediţie
C7	3C1	180	180			Po9 Casa scării
C8	8C1	820		820		Po10 Secretariat Po11 Director Po12 Arhivă
C9	11P	800	800			Po1....Po6
C10	9P	800	800			Po7, Po8, Po10....Po12
C11	Rezervă	840	840			Rezervă
Coloana de alimentare		7900	2620	2620	2660	

Fig. 1.18. Schema secundară a tabloului de lumină (parter) *TLP*.

* În calculul puterii, în cazul lămpilor fluorescente, la puterea nominală a acestora se adaugă şi puterea balastului care este de 10 W pentru lămpile de 20 şi 40 W şi 15 W pentru lampa de 65 W.

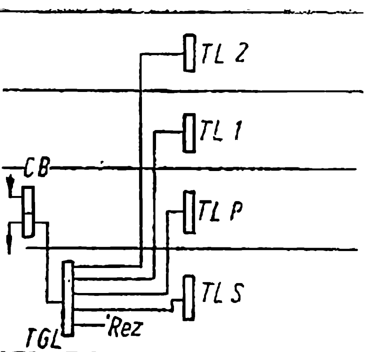
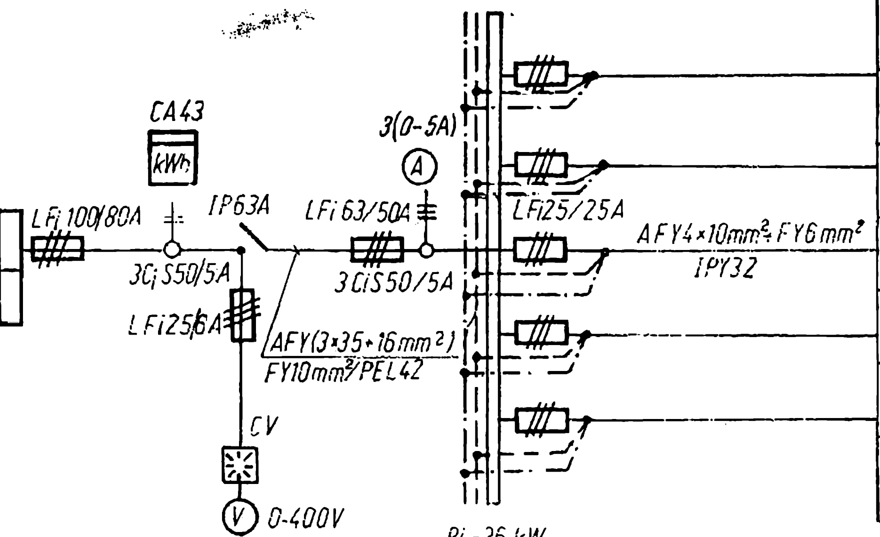


Fig. 1.19. Schema generală de distribuție:
a — schema de principiu; *b* — schema tabloului general de lumină.



Nr. coloană	Nr. tablou	Pi W	R W	S W	T W
C1	TL2	9600	3200	3200	3200
C2	TL1	9000	3000	3000	3000
C3	TLP	7900	2620	2620	2660
C4	TLS	6500	2200	2000	2100
C5	Rez.	3000	1000	1000	1000
TOTAL		36000	12020	12020	11960

P01 Birou proiectare
P02 Dactilografe
P03 Contabilitate
P04 Birou proiectare
P05 Atelier machete
P07 Bufet
P08 Ediție
P09 Casa scării
P 10 Secretariat
P 11 Director
P 12 Arhivă
TLP
C1: AFY2×2,5mm²/IPY16
C1: AFY3×2,5mm²/IPY16
C2: AFY2×2,5mm²/IPY16
C2: AFY3×2,5mm² IPY16
C3: AFY2×2,5mm²/IPY16
C3: AFY3×2,5mm²/IPY18
C3: AFY3×2,5 mm² IPY16
C3: AFY4×2,5mm² IPY18
C4. AFY3×2,5 mm² IPY16
C5. AFY3×2,5mm²/IPY16
C6: AFY3×2,5mm²/IPY16
C6: AFY4×2,5 mm² IPY18
C7: AFY2×2,5 mm² IPY16
C8: AFY4×2,5mm² IPY18
C8: AFY5×2,5mm² IPY18
C8: AFY3×2,5mm²/IPY16
C8 AFY4×2,5 mm² IPY18
AFY2×2,5m²/IPY16
C9: AFY2×4mm²+FY2,5mm²/IPY18
C2: AFY2×2,5mm²/IPY16
C1. AFY2×2,5mm²/IPY16
C3: AFY2×2,5mm²/IPY16
C4. AFY2×2,5mm²/IPY16
C5 AFY3×2,5mm²/IPY15
de la TG; la TLP: AFY4×10mm²+FY6mm² IPY32
la TL1 și TL2
de la subsol și etaj Il. sig. AFY2×2,5 mm²/IPY16
de la subsol Il. sig AFY2×2,5mm² IPY16
C7: la etaj AFY2×2,5mm²/IPY16
C7: la subsol AFY2×2,5mm²/IPY16
6 FIA 220/2 C5 3,0 m 6
AAC 40W Il. sig. 2,3 m 14
4 PM 75W C8 2,95m 13
2 FIDA 265/2 C8 3,0m 12
2 FIAG 240/2 C8 3,0 m 10, 11
FIA 220/2 C7 3,0m 9
AAO 40W Il sig 2,3m 14
4 FIA 240/2 C6 3,0 m 8
4 PGO 75W C6 2,55m 7

Fig. 1.20 Planul parterului pentru instalația de iluminat normal și de siguranță și prize, cu circuitele executate aparent.

6 FIAG/C1 | 240/2, 3,0m — 1
4 FIAG/C2 | 440/2, 3,0m — 2
2 PM/C3 | 100W, 2,95m — 3
6 FIAG/C3 | 240/2, 3,0m — 4
6 FIAG/C4 | 440/2, 3,0m — 5
6 FIA/C5 | 220/2, 3,0m — 6
4 PGO/C6 | 75W, 2,55m — 7
4 FIA/C6 | 240/2, 3,0m — 8
FIA/C7 | 220/2, 3,0m — 9
2 FIAG/C8 | 240/2, 3,0m — 10,11
2 FIDA/C8 | 265/2, 3,0m — 12
4 PM/C8 | 75W, 2,95m — 13
AAO/Il.sig. | 40W, 2,3m — 14

Po 1 Birou proiectare
Po 2 Dactilografe
Po3 Contabilitate
Po4 Birou proiectare
Po5 Atelier machete
Po5 Culoar
Po7 Bufet
Po8 Editie
Po9 Casa scării
P10 Secretariat
P 11 Director
P 12 Arhivă

D1, D2, D3, D4, D5, TLP, CB

La TGL
La TL1; TL2
C7:AFY2×2,5mm²/IPY16
de la TGL
la TL;PAFY4×10mm²+FY6mm²/IPY32
de la subsol
Il.sig.AFY2×2,5mm²/IPY16
La etaj
Il.sig.AFY2×2,5mm²/IPY
C7 la etaj
AFY2×2,5mm²/IPY16
C7 la subsol
AFY2×2,5mm²/IPY16

D1 – D5
C8:AFY2×2,5 mm²/IPY16
C10:AFY2×4mm²+FY2,5mm²/IPY18

D2 – D1
C1: AFY2×2,5 mm²/IPY16
C2: AFY2×2,5mm²/IPY16
C3: AFY2×2,5mm²/IPY16
C5: AFY2×2,5mm²/IPY16
C8: AFY2×2,5 mm²/IPY16
C10: AFY2×4mm²+FY2,5mm²/IPY18

D2 – D3
C4:AFY2×2,5 mm²/IPY18
C5:AFY3×2,5 mm²/IPY16
C6:AFY2×2,5mm²/IPY16
C9:AFY2×4mm²+F1,25mm²/IPY18
C10:AFY2×4mm²+FY2,5mm²/IPY18

D3 – D4
C6:AFY2×2,5mm²/IPY16
C10:AFY2×4mm²+FY2,5mm²/IPY18

L E G E N D Ă

- – – – – Circuit executat îngropat în placa plafonului
- –x–x–x– Circuit executat îngropat în placa pardoselii
- ——— Circuit executat îngropat în tencuială
- ▬ ▬ ▬ Traseu pentru mai multe circuite (între dozele centralizate și doză centralizată) (LP)

În mod asemănător se întocmesc schemele secundare și pentru celelalte tablouri de lumină din clădire. În exemplul ales acestea sînt tablourile de lumină de la subsol (*TLS*), etajul 1 (*TL1*) și etajul 2 (*TL2*).

● După întocmirea schemelor secundare de distribuție se stabilește **schema generală de distribuție pentru iluminat și prize.** Pentru exemplificare, în figura 1.19 este arătată o astfel de schemă pentru construcția aleasă. În figura 1.19, *a* este indicată schema generală de principiu din care rezultă poziția în clădire a tablourilor secundare, a tabloului general (*TGL*) și a cofretului la branșament (*CB*) pe verticala clădirii și modul cum se face alimentarea acestora; de la cofret la *TGL* printr-o coloană generală și de la *TGL* la tablourile secundare prin coloane individuale. Schema aleasă este *L* schemă de distribuție radială simplă. În figura 1.19, *b* se arată schema *TGo* din care rezultă: destinația coloanelor, puterea instalată pe fiecare coloană și modul cum aceasta este repartizată pe cele trei faze, puterea instalată pe coloana generală și repartizarea ei pe faze, cît și aparatele ce se prevăd pe *TGL* și în cofretul de branșament.

● Se trece apoi la **transpunerea în planuri a schemelor elaborate.** Pe aceleași planuri pe care s-au amplasat corpurile de iluminat, întreruptoarele și prizele, se amplasează tablourile electrice, se trasează circuitele și coloanele electrice. Circuitele electrice se pot duce:

— *aparent* pe elementele de construcție (fig. 1.20). Traseele acestora urmăresc elementele de construcție (pereți, tavan, grinzi, stîlpi) iar dozele se prevăd în locurile în care este necesară tragerea sau ramificarea conductelor electrice;

— *îngropat* în elementele de construcție (fig. 1.21), în placa plafonului (sau peste aceasta în pardoseala nivelului superior), în pereți sau în pardo-

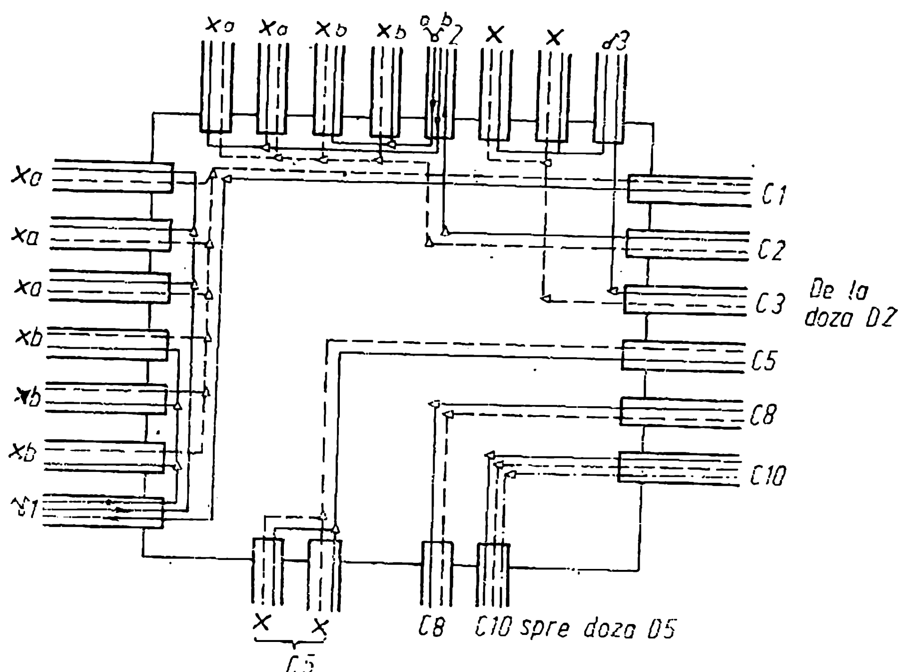


Fig. 1.22. Detaliul dozei *D1*

sealǎ. În acest caz nu se mai prevǎd doze pe fiecare circuit în parte, ci *doze comune* pentru mai multe circuite. De aceea, înainte de trasarea propriu-zisǎ a circuitelor se amplaseazǎ aceste doze (notate cu *D1* ... *D5* în figura 1.21). Poziția lor se alege în așa fel, încît distanța dintre ele și de la dozǎ la corpul de iluminat sau prizǎ sǎ fie de 6 – 9 m. Pe traseul ales, tubul de protecție trebuie sǎ nu facǎ mai mult de trei coturi la 90°, pentru a permite tragerea ușoarǎ a conductelor în tuburi. Pentru a înțelege mai ușor rolul acestor doze comune (se mai numesc și *doze centralizate*), în figura 1.22 se aratǎ modul cum se executǎ legǎturile electrice în interiorul dozei *D1*. Pentru circuitele *C8* și *C10*, doza *D1* este de trecere de la doza *D2* cǎtre doza *D5* (unde se ramificǎ). Faza circuitului *C1* este legatǎ la întrerupторul dublu *1*, de la care sosesc în dozǎ douǎ conducte: una leagǎ în paralel trei corpuri de iluminat (cele notate cu *a*) și a doua pe celelalte trei (cele notate cu *b*). Conducta de nul de lucru se distribuie la toate cele șase corpuri de iluminat. Circuitele *C2* și *C3* asigurǎ alimentarea a patru și respectiv a douǎ corpuri de iluminat într-un mod asemǎnǎtor. Faza circuitului *C5* este adusǎ de la întrerupătorul *6* (prin dozele *D2* și *D3*) și legatǎ la cele douǎ corpuri de iluminat de pe culoar. Nulul circuitului *C5* s-a distribuit direct corpurilor de iluminat.

În figura 1.23 s-a desenat schema desfǎșuratǎ a circuitului pentru iluminatul de siguranțǎ de evacuare. Faza și nulul pornesc de la tabloul de siguranțǎ, care s-a imaginat la subsol. În doza *A* suferǎ o ramificare; faza strǎbate prin subsol distanța pînǎ la verticala întrerupătorului *14* (care se aflǎ la parter), împreunǎ cu nulul de lucru necesar corpului de iluminat notat în schemǎ cu *1* (aflat la parter pentru marcarea ieșirii din clǎdire). Aceste douǎ conducte urcǎ pe verticalǎ pînǎ la doza *E* (din parter). De aici, faza este dusǎ la întrerupătorul *14* și readusǎ în dozǎ, de unde se ramificǎ la corpul de iluminat *1* și la corpurile de iluminat *2* ... *7*. Pentru a ajunge la acestea din urmǎ, conducta este trasǎ pînǎ în doza *A* prin același tub de protecție prin care au fost aduse conductele de fazǎ și nul în doza *E*. Din doza *A* faza (care a fost trecutǎ prin întrerupătorul *14*) împreunǎ cu nulul

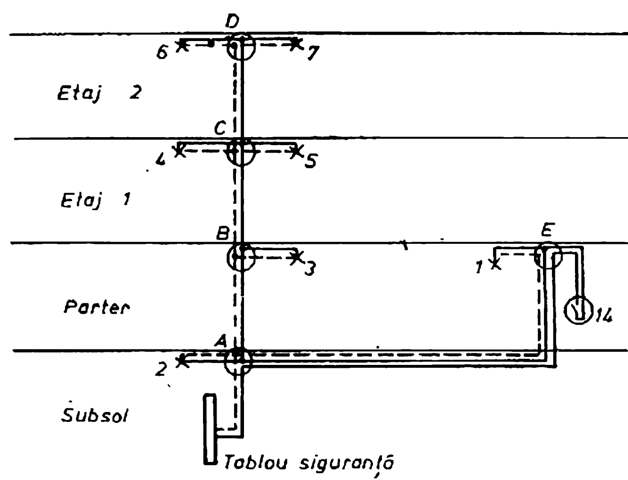


Fig. 1.23. Schema desfǎșuratǎ a circuitului pentru iluminatul de siguranțǎ.

de lucru urcă pe verticală, trecînd prin dozele *B*, *C* și *D*. În acestea suferă ramificări la corpurile de iluminat notate cu *3*, *4*—*5* și *6*—*7*; corpurile *3*, *5* și *7* s-au imaginat în casa scării, iar *4* și *6* pe culoarele etajelor *1* și *2*, în fața ușii care asigură accesul pe scară.

Din doza *A* s-a legat și corpul de iluminat *2*, imaginat la subsol pentru a marca scara.

În stabilirea traseelor circuitelor electrice se ține seama ca acestea să nu străbată elementele de rezistență ale construcției, cum sînt grinzile sau stîlpii. Totodată, ele trebuie să se găsească la anumite distanțe de conductele metalice pentru apă rece, apă caldă, încălzire, gaze etc., ale căror valori minime sînt indicate în *Normativul I-7-78*.

Coloana de alimentare a *TLP* vine de la subsol (unde este prevăzut *TGL*). Coloanele pentru tablourile *TL1* și *TL2* străbat placa peste subsol și își continuă traseul pe verticală, urmînd să se oprească una la etajul *1* și a doua la etajul *2*.

Cofretul de branșament este prevăzut lîngă intrarea principală, pe peretele exterior. Din acesta, coboară spre subsol coloana generală ce va alimenta *TGL*.

3. Dimensionarea elementelor instalației electrice de lumină și prize

Dimensionarea instalației de lumină și priză constă în:

— *dimensionarea circuitelor* dintre tablourile electrice secundare și receptoare;

— *dimensionarea coloanelor secundare* dintre *TGL* și tablourile secundare;

— *dimensionarea coloanei generale* dintre cofretul de branșament (sau un post de transformare) și *TGL*.

În toate aceste cazuri se determină secțiunea conductelor electrice, a tuburilor de protecție și a aparatelor necesare pentru acționare, protecție sau măsură.

● **Dimensionarea circuitelor** se face în funcție de curentul nominal al circuitului. Dacă circuitul este monofazat, acesta se determină cu relația:

$$I_n = \frac{P_i}{U_f \cos\varphi}, \tag{1.33}$$

unde P_i este puterea instalată pe circuit, $U_f = 220$ V este tensiunea de fază a rețelei și $\cos\varphi$ factorul de putere al circuitului. Puterea instalată se determină prin adunarea puterilor tuturor receptoarelor alimentate pe circuit.

Dacă circuitul este trifazat, curentul nominal se determină cu relația:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi}, \tag{1.34}$$

unde $U = 380$ V este tensiunea de linie a rețelei.

În funcție de valoarea acestui curent se determină *siguranța fuzibilă pentru protecție la suprasarcină și scurtcircuit*. Trebuie amintit că siguranța fuzibilă se caracterizează prin curentul fuzibilului* I_F. Se pune condiția ca:

$$I_F \geqslant I_n \tag{1.35}$$

---

* Valorile acestuia sînt date în tabelul 3.2 din manualul de clasa a XI-a.

și se stabilește valoarea lui I_F. Apoi se alege siguranța fuzibilă (cu legături în față *LF*, cu legături în față tip industrial LF_i, sau cu mare putere de rupere *MPR*).

După dimensionarea siguranței fuzibile se calculează *secțiunea conductelor electrice*. Pentru aceasta trebuie știut că unei conducte sau unui cablu electric îi corespunde un curent (numit *intensitate maximă admisibilă* I_{ma}) pe care îl poate suporta un timp infinit fără ca izolația să se încălzească peste o limită admisibilă. Valoarea intensității curentului I_{ma} depinde de:

— tipul conductei sau cablului;

— temperatura mediului ambiant;

— secțiunea conductorului;

— numărul de conducte active (parcurse de curent) ce se montează împreună în tubul de protecție.

Valorile curentului I_{ma} au fost stabilite pe cale experimentală.

Secțiunea conductorului electric trebuie să se aleagă de cea mai mică dimensiune pentru care se respectă relația:

$$I_{ma} \geqslant \frac{I_F}{0,8}. \qquad (1.36)$$

După ce a fost stabilită secțiunea conductelor, se alege *dimensiunea tubului de protecție pentru conducte*. Pentru aceasta, se alege natura tubului de protecție, în funcție de condițiile de montare, iar diametrul său nominal se alege în funcție de numărul și secțiunea conductelor ce trebuie montate în el.

● **Dimensionarea coloanelor secundare** se face în funcție de curentul nominal prin acestea. Relațiile de calcul sînt (1.33) cînd coloana este monofazată (cum este cazul coloanelor pentru tablourile din apartament) și (1.34) cînd coloana este trifazată, în care P reprezintă puterea instalată pe coloană.

Pentru alegerea siguranței fuzibile se pune aceeași condiție (1.35) la care se adaugă următoarea regulă: I_F trebuie să fie mai mare cu cel puțin două trepte (din gama de valori I_F) decît valoarea maximă I_F prevăzută pe circuitele tabloului. De exemplu, dacă pe un tablou de lumină siguranța maxim (pentru circuite) este de 10 A, este necesar ca pe coloana acestui tablou să se prevadă o siguranță mai mare sau cel puțin egală cu 20 A.

Pentru alegerea secțiunii și a tubului de protecție se procedează la fel ca la dimensionarea circuitelor.

Pe coloanele secundare, în mod obișnuit se prevăd și întreruptoare electrice. Acestea sînt caracterizate prin:

— curentul nominal I_{ni}, curentul pe care îl poate suporta în regim permanent fără ca părți din întreruptor să se supraîncălzească sau să se distrugă;

— curentul de rupere I_r, curentul pe care îl poate suporta la închidere sau deschidere (atunci cînd se formează arc electric) fără să se deterioreze.

În general, curentul de rupere, este cu mult mai mare decît curentul nominal și de aceea condiția care se pune pentru alegerea întreruptoarelor este:

$$I_{ni} \geqslant I_n. \qquad (1.37)$$

Fac excepţie de la această regulă întreruptoarele manuale tip pîrghie, pentru care $I_r < I_{ni}$, iar condiţia de alegere a lor este:

$$I_r \geqslant I_n. \quad (1.38)$$

● **Dimensionarea coloanei generale** se face în funcţie de curentul nominal al acesteia, care se determină cu relaţia:

$$I_n = \frac{c_s P_i}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi}, \quad (1.39)$$

unde U, $\cos\varphi$ şi P_i au semnificaţiile cunoscute, iar c_s este *coeficientul de simultaneitate în funcţionare* a receptoarelor de lumină şi prizelor din clădire. Acesta se ia pentru:

— clădiri industriale: 0,8;
— clădiri administrative şi de învăţămînt: 0,8;
— spitale (mai puţin grupul operator): 0,65;
— creşe: 0,6;
— complexe comerciale: 1,0;
— depozite: 0,5;
— blocuri de locuit cu 2— 4 apartamente: 1,0;
5— 9 apartamente: 0,78;
10—14 apartamente: 0,63;
15—19 apartamente: 0,53;
peste 20 apartamente: 0,49.

În continuare, siguranţa fuzibilă, secţiunea conductoarelor, tubul de protecţie şi întreruptorul se determină la fel ca pentru coloanele secundare.

Dacă *TGL* este un tablou mare (din punctul de vedere al puterii instalate, numărului de coloane ce pleacă din tablou şi al importanţei construcţiei), pe acesta se pot prevedea următoarele aparate de măsurat *:

— voltmetru cu cheie voltmetrică, pentru a se putea măsura tensiunea pe fiecare fază şi între faze. Acesta se protejează la scurtcircuit cu siguranţe cu $I_F = 6$ A;

— ampermetre de 0—5 A, montate pe fiecare fază prin intermediul cîte unui reductor de curent. Reductoarele se execută în următoarea gamă de curenţi primari (tipul *CIS*): 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 400; 600; 750; 1 000; 1 500; 2 000; 3 000 A. În secundar curentul maxim este de 5 A în toate cazurile;

— contor de energie activă (monofazat *CAM-6*; trifazat *CA-32*, sau *CA-43*) care se leagă tot prin intermediul reductoarelor de curent, ca şi ampermetrele.

După dimensionarea întregii instalaţii electrice de lumină, aceasta se verifică la pierderea de tensiune **. Normativele în vigoare limitează această pierdere astfel:

— de la cofretul de branşament pînă la cel mai îndepărtat corp de iluminat din clădire: $\Delta U\% \leqslant 3\%$;

— de la postul de transformare pînă la cel mai îndepărtat corp de iluminat din clădire: $\Delta U\% \leqslant 8\%$.

---

* Se vor revedea noţiunile învăţate în manualul de clasa a XI-a (vezi capitolul 3).
** Calculul la pierdere de tensiune s-a făcut în manualul de clasa a XI-a, la capitolul 7.

Exemplu de calcul pentru dimensionarea elementelor instalației electrice de lumină și prize*

● Calculul circuitelor

Se alege pentru calcul circuitul *C4* (din fig. 1.18) cu P_i = 1 200 W. Aplicînd relația (1.33) rezultă:

$$I_n = \frac{1\,200}{202 \cdot 0{,}95} = 5{,}7 \text{ A}.$$

Respectînd condiția (1.35), rezultă curentul fuzibilului I_F = 6 A și se alege o siguranță fuzibilă tip *LFr 25/6 A*.

Aplicînd relația (1.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0{,}8} = \frac{6}{0{,}8} = 7{,}5 \text{ A}.$$

Se aleg conducte din aluminiu, izolate cu *PVC (AFY)*. Din normativul I-7-78 rezultă o secțiune a conductoarelor de 2,5 mm², deoarece I_{ma} = 18 A > 7,5 A (s-a utilizat coloana corespunzătoare lui *AFY* și numărului 2 de conducte în tubul de protecție). Deoarece instalația se montează îngropat, se alege un tub de protecție de tip *IPY*. Din normativ rezultă pentru s = 2,5 mm² și 2 conducte, un tub *IPY* 16.

Deoarece celelalte circuite au puterea instalată mai mică decît a acestuia, pentru toate se vor alege conducte: *AFY*/2 × 2,5 mm² în tub *IPY* 16 și siguranțe care să respecte condiția (1.35).

Observație. Deoarece in prize este posibil să se introducă receptoare de putere mare (peste puterea de 800 W, care este o putere medie de calcul), pentru acestea se adoptă constructiv conducte *AFY* 2 × 4 mm² + *FY* 2,5 mm²/*IPY* 18 și siguranțe fuzibile *LFi*25/16 A.

● Calculul coloanei TLP

Folosind relația (1.34) rezultă:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}\,U\cos\varphi} = \frac{7\,900}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = 12{,}6 \text{A}.$$

Respectînd condiția (1.35), ar rezulta un fuzibil I_F = 16 A, valoare ce este egală cu cea a fuzibilului de pe circuitul de priză. De aceea se alege I_F = 25 A (cu două trepte peste valoarea de 16 A).

Siguranța fuzibilă a coloanei va fi *LFi 25/25* A.

Aplicînd relația (1.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0{,}8} = \frac{25}{0{,}8} = 1{,}25 \text{ A}.$$

Se alege pentru coloana *TLP* tot o conductă *AFY*. Din normativ rezultă secțiunea de 10 mm², pentru care I_{ma} = 33 A este mai mare decît 31,25 A (s-a utilizat coloana pentru patru conducte). Rezultă secțiunea coloanei: *AFY* 4 × 10 mm² + *FY* 6 mm².

Tubul de protecție va fi *IPY* 32.

Pentru întreruptorul prevăzut pe coloană (tip pîrghie), se alege valoarea I_n = = 25 A, deci *IP* 25 *A* (care respectă condiția 1.28, deoarece I_r = 16 A > 12,6 A).

● Calculul coloanei TGL

Aplicînd relația (1.39), rezultă:

$$I_n = \frac{c_s P_i}{\sqrt{3}\ U\ \cos\varphi} = \frac{0{,}8 \cdot 36\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = 46{,}1 \text{ A}.$$

---

* În calcul, se va consulta și folosi *Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice sub 1 000 V* (normativul *I-7-78*).

Deci $I_F = 50$ A, iar ca siguranțe: *LFIi 60/50*, A (pe cofretul de branșament se vor prevedea siguranțele cu două trepte mai mari: *LFi* 100/80 A).

Înlocuind în relația (1.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0,8} = \frac{50}{0,8} = 62,5 \text{ A},$$

ceea ce conduce la alegerea de conducte *AFY* (3 × 35 mm² + 16 mm²) + *FY* 10 m² în tub *PEL* 42 (dimensiunea maximă a tubului *IPY* 39 fiind insuficientă).

Întreruptorul se alege tip pîrghic *IP 63 A* (pentru care $I_r = 48$ A > 46,1 A).

Pe coloană se mai prevăd ampermetre de (0—5 A), legate prin reductoare de curent *CIS* de 50/5 A (50 > 46,1 A) și un contor de energie activă *CA-43*, legat tot prin trei reductoare *CIS* 50/5 A. Voltmetrul de 0—400 V este legat prin cheia voltmetrică *CV* și este protejat la scurtcircuit de siguranțele *LFi* 25/6 A.

B. INSTALAȚII DE FORȚĂ

Se vor face referiri numai la instalațiile electrice pentru alimentarea motoarelor electrice asincrone care sînt cele mai reprezentative dintre instalațiile de forță.

1. Întocmirea schemelor și planurilor instalației de forță

Poziția în plan a motoarelor electrice este hotărîtă de poziția mașinii sau utilajului pe care-l antrenează. Acestea se amplasează la o distanță suficientă între ele, sau între ele și perete, pentru a permite manevrarea ușoară la montare sau la demontare, pentru a înlesni accesul ușor în timpul verificărilor și întreținerii.

Fiecare motor trebuie să fie alimentat pe un circuit electric propriu și să fie prevăzut cu:

— relee termice pentru protecție la suprasarcină;

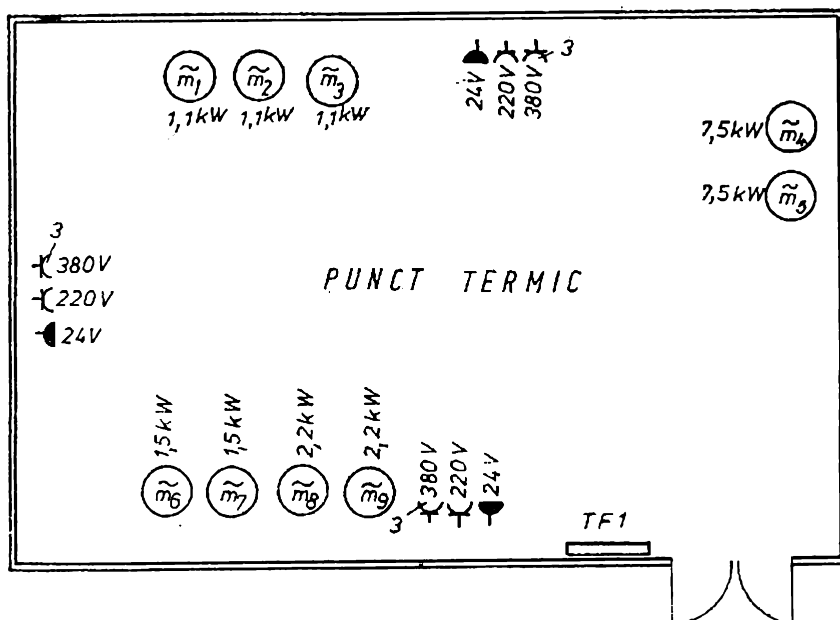


Fig. 1.24. Poziția receptoarelor de forță dintr-o încăpere.

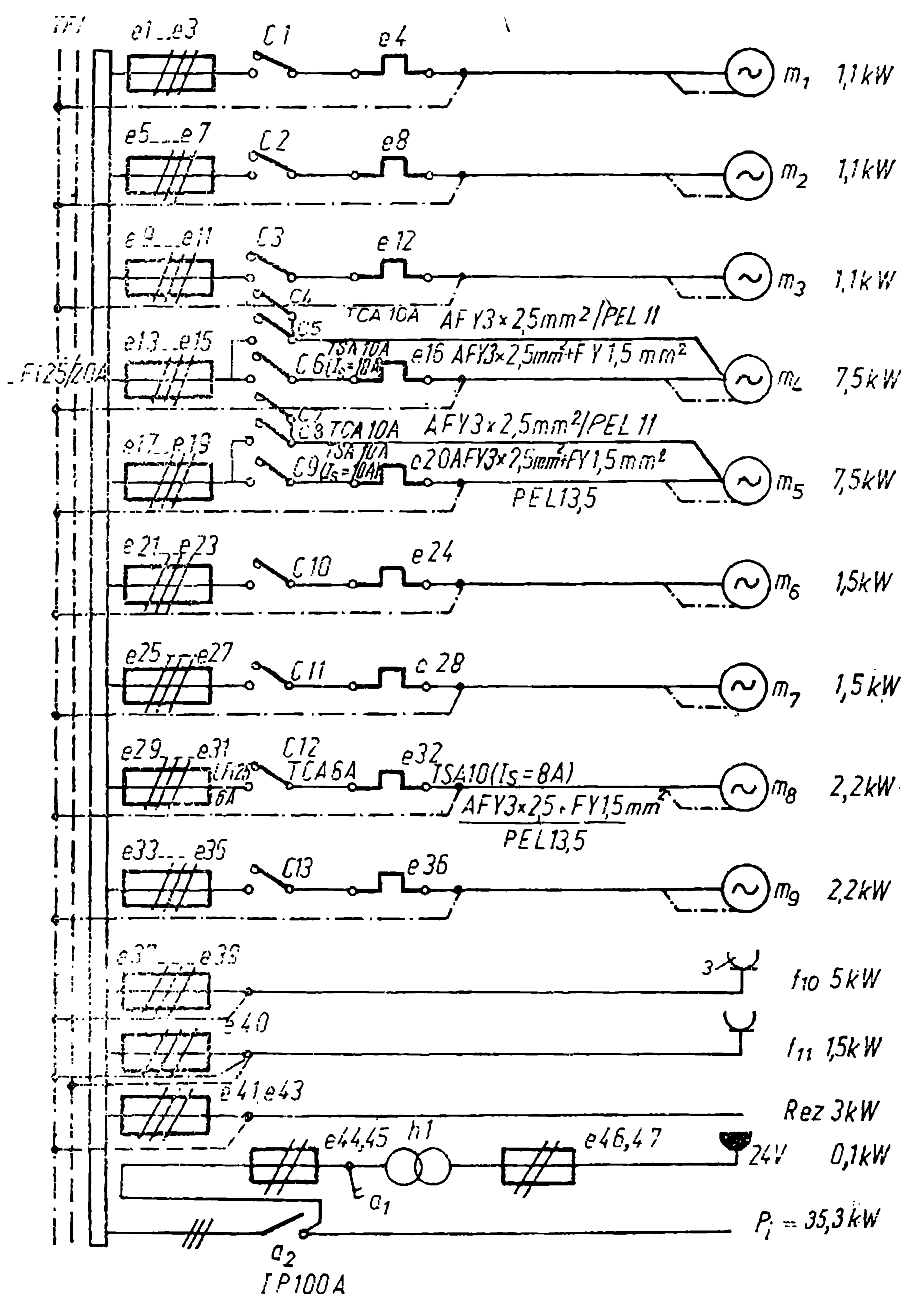


Fig. 1.25. Schema de distribuție pentru *TF1*.

— siguranțe fuzibile pentru protecție la scurtcircuit;
— un aparat de acționare (manual sau automat).

Pentru a limita curenții mari ce sînt absorbiți din rețea la pornire (care provoacă căderi de tensiune pe linia de alimentare), motoarele cu puterea mai mare de 5,5 kW trebuie pornite în stea. În felul acesta, curentul de pornire se micșorează de trei ori față de pornirea prin legare directă la rețea (legarea în triunghi). În cadrul instalațiilor de forță sînt cuprinse și instalațiile pentru prizele electrice de forță, mono- și trifazate, de curent continuu sau de tensiune redusă. Pentru o identificare ușoară, atunci cînd astfel de prize se găsesc împreună, ele se execută de forme diferite sau de culori diferite și sînt prevăzute cu plăcuțe pe care este înscrisă tensiunea de utilizare.

Pentru întocmirea schemelor și planurilor instalației de forță se procedează la fel ca în cazul instalațiilor de lumină, adică:

● **Se stabilește poziția fiecărui receptor de forță** (motor sau priză) **în planul de arhitectură.** În figura 1.24 este exemplificat acest lucru pentru un punct termic. Caracteristicile motoarelor sînt determinate de condițiile tehnologice, iar caracteristicile prizelor se stabilesc astfel ca la acestea să poată fi acordate unele receptoare portabile necesare reparațiilor, întreținerii, cum ar fi: aparate de sudare, mașini de găurit, polizoare, lămpi portabile la tensiune redusă (24 V) etc.

● **Se întocmește schema de distribuție a fiecărui tablou de forță din clădire.** Tabloul de forță se prevede pentru alimentarea unui grup de receptoare care se află într-o unitate funcțională, cum ar fi, de exemplu, receptoarele dintr-un punct termic (fig. 1.25), dintr-o stație de hidrofor, dintr-o centrală termică, dintr-un laborator de încercări, dintr-un atelier mecanic etc. Numărul de receptoare ce pot fi alimentate dintr-un tablou de forță este variabil. El este limitat de regulă de dimensiunile pe care le poate avea tabloul electric. De aceea, tablourile de forță pot avea puterea instalată de valori de la cîțiva kW pînă la zeci și chiar sute de kW.

În figura 1.25 s-a desenat schema de distribuție a tabloului de forță *TF1* din figura 1.24. Aceasta cuprinde nouă circuite pentru motoare (șapte cu pornire directă și două cu pornire stea-triunghi *, un circuit de prize trifazice cu puterea de 5 kW, un circuit de prize monofazice cu puterea de 1,5 kW, un circuit trifazat de rezervă cu puterea de 3 kW și un circuit de tensiune redusă (24 V), legat în fața întreruptorului general (pentru a fi utilizat și în cazul în care este deschis întreruptorul), de putere foarte mică (100 VA) pentru lămpi portabile.

Caracteristicile electrice ale motoarelor sînt date în tabelul 1.2.

TABELUL 1.2

Caracteristicile electrice ale motoarelor din *TF1*

Puterea instalată P_i [kW]	Turația [rot/min]	Randamentul η	Factorul de putere $\cos\varphi$	Raportul $\frac{I_n*}{I_p}$
1,1	1 500	0,73	0,78	6
1,5	1 500	0,76	0,79	6
2,2	1 000	0,77	0,74	5,5
7,5	1 500	0,855	0,84	6,5

* I_p este curentul de pornire al motorului, dacă acesta este conectat direct la rețeaua electrică

* Se vor revedea noțiunile învățate în capitolele 2 și 3 din manualul de clasa a XI-a.

Tabloul electric *TF1* are o putere instalată de 35,3 kW.

● **Se întocmeşte schema generală de distribuţie a instalaţiei de forţă.** Aceasta se întocmeşte după aceleaşi principii ca şi schema generală a instalaţiei de lumină, motiv pentru care s-a considerat că nu este necesară o exemplificare a acesteia.

● Se trece apoi la **transpunerea în planuri a schemelor elaborate.** Circuitele de forţă sînt mult mai simplu de trasat decît cele de lumină, deoarece pe un circuit se află un singur motor, iar circuitele de prize nu diferă de cele de priză din instalaţia de lumină. Circuitele se pot executa:

— *aparent,* pe elementele de construcţie. Aceasta este soluţia cel mai des adoptată, montarea circuitelor făcîndu-se pe pereţii încăperii. Deoarece tuburile de protecţie sînt mult mai expuse la lovituri mecanice, în astfel de încăperi acestea se execută de regulă din metal (*PEL* sau ţeavă);

— *îngropat* în elementele de construcţie. Soluţia *îngropat* se alege foarte des cînd motoarele se află departe de pereţii încăperii, sau cînd distanţele de la tablou la acestea de-a lungul pereţilor este de asemenea mare. În astfel de situaţii, circuitele electrice se montează îngropat în pardoseala încăperii, fie direct în pardoseală (la cel puţin 1,5 cm de suprafaţa acesteia), fie în canale special făcute şi acoperite cu tablă striată. Canalele pentru circuitele de forţă trebuie să fie prevăzute cu sisteme de scurgere şi evacuare a apei (cu pantă către sifoane de pardoseală, special montate pe traseul lor).

În figura 1.26 este desenat planul instalaţiei de forţă din punctul termic din figura 1.24. O parte din circuite este dusă *aparent* pe pereţii încăperii, iar o altă parte este dusă *îngropat* în pardoseală. Pentru motoarele $m_1 \dots m_3$, tuburile de protecţie ies din pardoseală chiar lîngă fundaţia (postamentul) acestora. Pentru restul motoarelor, tuburile de protecţie trec de pe perete pe pardoseală şi apoi se ridică pe fundaţia motoarelor. Pe porţiunea de la

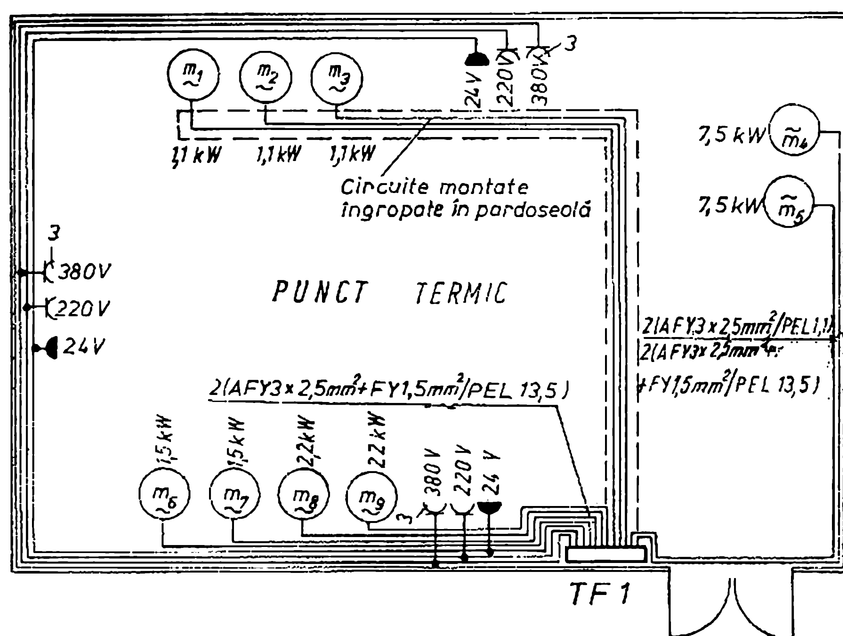


Fig. 1.26. **Planul instalaţiei de forţă pentru centrala termică.**

perete la fundaţie aceste tuburi sînt protejate cu ţevi din oţel. În cazul în care pe lîngă perete se circulă în mod frecvent, tuburile de protecţie se îngroapă în pardoseală.

Ca şi în cazul circuitelor pentru instalaţia de iluminat, circuitele de forţă nu trebuie să străbată elementele de rezistenţă ale construcţiei şi trebuie să se găsească la distanţe corespunzătoare de celelalte conducte metalice pentru apă rece, caldă, pentru încălzire, gaze etc.

Coloanele de legătură, atît cele secundare (dintre tabloul general de forţă *TGF* şi tablourile secundare *TF*) cît şi cea generală (dintre *CB* — sau *PT* — şi *TGF*), se vor duce pe drumul cel mai scurt dintre punctele pe care le unesc, în condiţiile respectării distanţelor minime admise între elementele instalaţiei electrice şi elementele altor instalaţii sau elemente de construcţie *(Normativ I-7-78)*.

2. Dimensionarea elementelor instalaţiei electrice de forţă

Calculul prezintă cîteva particularităţi faţă de cel pentru iluminat, atît datorită naturii receptoarelor, cît şi numărului mare de aparate de acţionare şi protecţie ce se prevăd.

● **Calculul circuitelor** cuprinde:

— determinarea secţiunii conductelor de fază şi a tubului de protecţie:
— alegerea contactorului pentru acţionare;
— alegerea releului termic pentru protecţie la suprasarcină;
— alegerea siguranţelor fuzibile pentru protecţie la scurtcircuit.

Calculului circuitului pentru pornirea directă a motorului.

Determinarea secţiunii conductelor de fază şi a tubului de protecţie. Se calculează curentul nominal al motorului cu relaţia:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}\,U \eta \cos\varphi}, \tag{1.40}$$

unde $U = 380$ V este tensiunea de linie, P_i este puterea instalată a motorului (în W), $\cos\varphi$ este factorul de putere al motorului iar η randamentul electric al acestuia. Caracteristicile η şi $\cos\varphi$ se aleg în funcţie de puterea P_i şi de turaţia motorului din STAS 1764-74.

Secţiunea de fază se determină din condiţia:

$$I_{ma} \geq I_n, \tag{1.41}$$

unde I_{ma} este curentul maxim admisibil al secţiunii alese.

Secţiunea aleasă se verifică la densitatea de curent la pornire (J_p), care trebuie să fie:

$$J_p \leq 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \text{ pentru aluminiu;} \tag{1.42}$$

$$J_p \leq 35 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \text{ pentru cupru.}$$

Densitatea de curent la pornire se calculează cu relația:

$$J_p = \frac{I_p}{s} = \frac{K_1 I_n}{s}, \tag{1.43}$$

unde raportul $K_1 = I_p/I_n$ este dat în STAS 1764-74.

Dacă condiția (1.42) nu este îndeplinită, se mărește secțiunea pînă ce aceasta este satisfăcută.

Alegerea contactorului pentru acționarea circuitului se face respectînd condiția

$$I_{nc} \geq I_n, \tag{1.44}$$

unde I_{nc} este curentul nominal al contactorului.

Alegerea releului termic pentru protecție la suprasarcină. Releele termice trifazate utilizate în mod curent sînt releele tip *TSA*. Acestea sînt caracterizate prin curentul nominal al echipamentului $(I_n)_{RT}$ și curentul de serviciu (I_s). Releul termic se echipează cu un grup de trei bimetale, care corespund unui anumit curent de serviciu. Prin construcție, releul termic permite un reglaj al curentului între (0,6—1,0) I_s.

Alegerea releului termic constă în alegerea curentului de serviciu, astfel ca:

$$0{,}6\, I_s \leq I_n \leq I_s \tag{1.45}$$

deoarece releul se reglează ulterior la valoarea curentului nominal ce trebuie supravegheat și evident, acesta trebuie să se afle în domeniul de reglaj. Releul ales se exprimă prin denumirea lui și mărimea curentului de serviciu, de exemplu: *TSA* 10 A ($I_s = 3{,}3$ A); *TSA* 32 $P(I_s = 10$ A) etc.

Alegerea siguranțelor fuzibile pentru protecție la scurtcircuit. Valoarea fuzibilului (I_F) rezultă din condițiile:

$$\begin{aligned} I_F &\geq I_n, \\ I_F &\geq \frac{I_p}{2{,}5}, \\ I_F &\geq (I_F)_C, \\ I_F &\geq (I_F)_{RT}, \\ I_F &\geq 3 I_{ma}, \end{aligned} \tag{1.46}$$

unde I_n, I_{ma} și I_p au semnificațiile cunoscute, iar $(I_F)_C$ și $(I_F)_{RT}$ sînt valorile maxime ale fuzibilului care protejează contactorul și releul termic de curentul de scurtcircuit (în sensul că siguranța fuzibilă se topește mai repede decît îi este necesar curentului de scurtcircuit să distrugă aparatele). Valorile $(I_F)_C$ și $(I_F)_{RT}$ sînt date în *Cataloagele de aparate* (ale întreprinderii constructoare) în funcție de curentul nominal al contactorului și respectiv curentul de serviciu al releului termic.

Exemplu de calcul pentru circuitul motorului de 2,2 kW*

Folosind datele din tabelul 1.2 și relația (1.40) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{2\,200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}77} = 5{,}9 \text{ A}.$$

* Se vor consulta și folosi *Normativul I-7-78* și *Cataloagele de aparate*.

Alegînd conducte *AFY* și știind că circuitul are trei conducte active, din normativ rezultă o secțiune $s = 2,5$ mm², deoarece $I_{ma} = 16$ A > 5,9 A.

Densitatea de curent la pornire este:

$$J_p = \frac{K_1 I_n}{s} = \frac{5,5 \cdot 5,9}{2,5} = 13 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2},$$

deci circuitul de alimentare va fi *AFY* 3 × 2,5 mm² + *FY* 1,5 mm² protejat în tub *PEL* 13,5.

Se alege un contactor *TCA* 6A (deoarece 6A > 5,9 A) pentru care rezultă $(I_F)_C = 20$ A.

Se alege un releu *TSA* 10 A ($I_S = 8$ A) (deoarece curentul nominal de 5,9 A este cuprins în domeniul în care se poate regla curentul releului termic: $0,6 \cdot 8 = 4,8$ A pînă la $1 \cdot 8 = 8$ A) pentru care rezultă $(I_F)_{RT} = 25$ A.

Pentru siguranța fuzibilă se pun condițiile (1.46):

$$I_F \geqslant I_n = 5,9 \text{ A} \rightarrow I_F \geqslant 6 \text{ A};$$

$$I_p \geqslant \frac{I_F}{2,5} = \frac{5,5 \cdot 5,9}{2,5} = 13 \text{ A} \rightarrow I_F \geqslant 16 \text{ A};$$

$$I_F \leqslant (I_F)_C = 20 \text{ A} \rightarrow I_F \leqslant 20 \text{ A};$$

$$I_F \leqslant (I_F)_{RT} = 25 \text{ A} \rightarrow I_F \leqslant 25 \text{ A};$$

$$I_F \leqslant 3\, I_{ma} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ A} \rightarrow I_F \leqslant 35 \text{ A}.$$

Din sistemul de inegalități de mai sus rezultă $I_F = 16$ A, deci se aleg trei siguranțe fuzibile *LFi* 26/16 A.

Calculul circuitului pentru pornirea Y/Δ a motorului. În figura 1.27 este desenat desfășurat circuitul principal al motorului de 7,5 kW care pornește cu comutator Y/Δ. Rezultă că pe porțiunea dintre barele tabloului și pornitor curentul este I_n (calculat cu relația 1.40), iar între pornitor și motor curentul este $I_n/\sqrt{3}$.

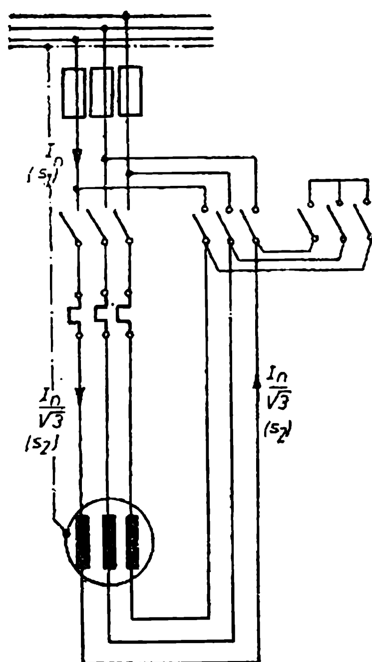


Fig. 1.27. **Circuitul motorului pentru pornire stea-triunghi.**

Curentul I_n conduce la determinarea unei secțiuni s_1, iar curentul $I_n/\sqrt{3}$ la o secțiune s_2 mai mică decît s_1, prin respectarea condiției (1.41).

La densitatea de curent se va verifica numai secțiunea mică s_2 și relația (1.43) pentru cazul pornirii Y/Δ devine:

$$J_p = \frac{I_{pY}}{s_2} = \frac{I_p}{3 \cdot s_2} = \frac{K_1 \cdot I_n}{3 \cdot s_2}, \quad (1.47)$$

unde I_{pY} este curentul de pornire în stea, care este de trei ori mai mic decît curentul la pornirea directă (I_p).

Contactoarele se vor alege din condiția:

$$I_{nc} \leqslant \frac{I_n}{\sqrt{3}}, \quad (1.48)$$

iar curentul de serviciu al releului termic din condiția:

$$0,6\, I_s \leqslant \frac{I_n}{\sqrt{3}} \leqslant I_s. \quad (1.49)$$

Pentru siguranța fuzibilă, relațiile (1.46) devin:

$$I_F \geqslant I_n$$

$$I_F \geqslant \frac{I_{pY}}{2} = \frac{I_p}{3 \cdot 2} = \frac{K_1 I_n}{6}, \qquad (1.50)$$

$$I_F \leqslant (I_F)_c$$

$$I_F \leqslant (I_F)_{RT},$$

$$I_F \leqslant 3\ I_{ma2}$$

unde I_{ma2} este curentul maxim admisibil corespunzător secțiunii s_2.

Exemplu de calcul pentru motorul de *7,5* kW*

Folosind datele din tabelul 1.2 și relația (1.40) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{7\,600}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}84 \cdot 0{,}855} = 15{,}9\ \text{A}.$$

Pentru conducta din aluminiu *AFY*, din normativ rezultă $s_1 = 2{,}5\ \text{mm}^2$, deoarece $I_{ma1} = 16\ \text{A} > 15{,}9\ \text{A}$.

Curentul $I_n/\sqrt{3} = 15{,}9 / \sqrt{3} = 9{,}2$ A conduce la aceeași secțiune $s_2 = 2{,}5\ \text{mm}^2$ ($I_{ma2} = I_{ma1} = 16$ A).

Înlocuind în relația (1.47), rezultă densitatea de curent:

$$J_p = \frac{K_1 I_n}{3 \cdot s_2} = \frac{6{,}5 \cdot 15{,}9}{3 \cdot 2{,}5} = 13{,}8\ \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 20\ \frac{\text{A}}{\text{mm}^2},$$

deci circuitul de alimentare va fi format din: *AFY* 3 × 2,5 mm² + *FY* 1,5 mm² între barele tabloului și pornitor (în interiorul tabloului) și din *AFY* 3 × 2,5 mm² + *FY* 1,5 mm²/*PEL* 13,5 + *AFY* 3 × 2,5 mm²/*PEL* 11 între pornitor și motor.

Se alege un contactor *TCA* 10 A (ce îndeplinește condiția 1.48: 10 A > 9,2 A), pentru care rezultă $(I_F)_c = 35$ A.

Se alege un releu termic *TSA* 10 A ($I_s = 10$ A) (ce îndeplinește condiția 1.49: $0{,}6 \cdot 10\ \text{A} < 9{,}2\ \text{A} < 1 \cdot 10\ \text{A}$) pentru care rezultă $(I_F)_{RT} = 35$ A.

Condițiile (1.50) devin:

$$I_F \geqslant I_n = 15{,}9\ \text{A} \rightarrow I_F \geqslant 16\ \text{A};$$

$$I_F \geqslant \frac{I_{pY}}{2} = \frac{K_1 I_n}{3 \cdot 2} = \frac{6{,}5 \cdot 15{,}9}{6} = 17{,}2\ \text{A} \rightarrow I_F \geqslant 20\ \text{A};$$

$$I_F \leqslant (I_F)_C = 35\ \text{A} \rightarrow I_F \leqslant 35\ \text{A};$$

$$I_F \leqslant (I_F)_{RT} = 35\ \text{A} \rightarrow I_F \leqslant 35\ \text{A};$$

$$I_F \leqslant 3\, I_{ma2} = 3 \cdot 16 = 48\ \text{A} \rightarrow I_F \leqslant 35\ \text{A}.$$

Din inegalitățile de mai sus rezultă $I_F = 20$ A și se aleg trei siguranțe *LFi* 25/20 A.

● **Calculul coloanelor secundare** cuprinde:
- determinarea secțiunii conductelor de fază și tubului de protecție;
- alegerea întreruptorului;
- alegerea siguranțelor;
- alegerea aparatelor de măsurat.

---

* Se vor consulta și folosi *Normativul I-7-78* și *Cataloagele de aparate*.

Determinarea secțiunii conductelor de fază și tubului de protecție. Se calculează curentul nominal al coloanei cu relația:

$$I_n = \frac{c_c P_i}{\sqrt{3} U \cos \varphi_m}, \tag{1.51}$$

unde U și P_i au semnificațiile cunoscute, c_c este coeficientul de cerere al puterii pe coloană și $\cos \varphi_m$ factorul de putere mediu al tabloului.

Coeficientul de cerere se calculează cu relația:

$$c_c = \frac{c_s c_i}{\eta_r \eta_m}. \tag{1.52}$$

unde

c_s este *coeficientul de simultaneitate* și reprezintă raportul

$$c_s = \frac{P_{fs}}{P_T} = \frac{\sum_1^{N'} P_i}{\sum_1^{N} P_i} \tag{1.53}$$

unde P_{fs} este puterea în funcțiune simultană și P_T puterea totală instalată, n — numărul de receptoare în funcțiune simultană și N — numărul total al receptoarelor alimentate de tablou (motoare, prize etc.). Valoarea lui n se apreciază de către tehnologul instalației prin analiza atentă a procesului de producție. În felul acesta coeficientul c_s se poate determina:

- c_i este coeficientul de încărcare al receptoarelor, coeficient ce se poate determina, numai dacă se cunoaște modul concret cum a fost dimensionat fiecare receptor în parte. Cum aceasta este greu de știut, pentru calculele practice se adoptă $c_i = 0{,}95$—$0{,}96$;
- η_r — randamentul rețelei, care are valori de 0,98—1,0;
- η_m — randamentul mediu al motoarelor în funcțiune simultană. Cunoscînd cele n motoare în funcțiune din definiția randamentului rezultă:

$$\eta_m = \frac{\sum_1^{n} P_i}{\sum_1^{n} \frac{P_i}{\eta_i}}. \tag{1.54}$$

Factorul de putere mediu $\cos \varphi_m$ se determină adunînd fazorial curenții $I_{n1} \ldots I_{nn}$ (în funcțiune simultană), defazați față de tensiunea de la borne cu unghiurile $\varphi_1 \ldots \varphi_n$ (unghiuri ce rezultă din valorile factorilor de putere $\cos \varphi_1 \ldots \cos \varphi_n$). În figura 1.28 se arată modul de însumare fazorială pentru doi curenți I_{n1} și I_{n2}, defazați față de tensiune cu unghiurile φ_1 și φ_2. Utilizînd regula paralelogramului se determină curentul rezultant I, care se obține din rezolvarea triunghiului OCC' : $OC = I$,

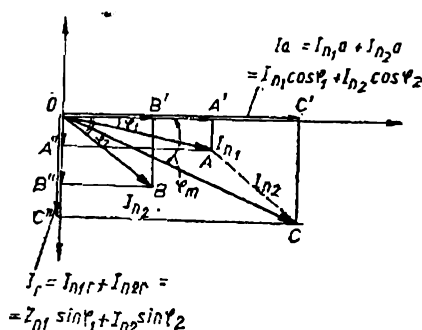


Fig. 1.28. Adunarea fazorială a doi curenți.

$OC' = I_a$ (componenta activă a curentului) și $OC'' = I_r$ (componenta reactivă).

Dar $OC' = OA' + A'C' = (I_{n1})_a + (I_{n2})$ (suma componentelor active ale curenților I_{n1} și I_{n2}). Analog $CC' = OC'' = (I_{n1})_r + (I_{n2})_r$ (suma componentelor reactive).

Cum $(I_{n1})_a = I_{n1} \cos \varphi_1$; $(I_{n1})_r = I_{n1} \sin \varphi_1$; $(I_{n2})_a = I_{n2} \cos \varphi_2$; $(I_{n2})_r = I_{n2} \sin \varphi_2$ rezultă:

$$I_a = I_{n1} \cos \varphi_1 + I_{n2} \cos \varphi_2 \text{ și } I_r = I_{n1} \sin \varphi_1 + I_{n2} \sin \varphi_2$$

iar curentul rezultant este:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} = \sqrt{(I_{n1} \cos \varphi_1 + I_{n2} \cos \varphi_2)^2 + (I_{n1} \sin \varphi_1 + I_{n2} \sin \varphi_2)^2}.$$

Factorul de putere mediu rezultă tot din triunghiul OCC':

$$\cos \varphi_m = \frac{I_a}{I}.$$

Generalizînd relația de mai sus pentru n curenți în funcțiune simultană rezultă:

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_1^n I_{ni} \cos \varphi_i}{\sqrt{\left(\sum_1^n I_{ni} \cos \varphi_i\right)^2 + \left(\sum_1^n I_{ni} \sin \varphi_i\right)^2}} \qquad (1.55)$$

Utilizînd relațiile (1.53), (1.54) și (1.55) și făcînd înlocuirile în (1.51) se calculează curentul nominal al coloanei. În funcție de acest curent se determină secțiunea fazei, respectînd condiția (1.41).

Secțiunea coloanei se verifică la densitatea de curent la pornire, care nu trebuie să depășească valorile impuse de (1.42). Densitatea de curent se determină cu relația:

$$J_p = \frac{I_{c\,max}}{s}, \qquad (1.56)$$

unde $I_{c\,max}$ este curentul maxim pe coloană la pornire. Acesta se determină în ipoteza în care $(n - 1)$ dintre motoarele în funcțiune simultană sînt în funcțiune în regim nominal și al n-lea (cel care are cel mai mare curent de pornire $I_{p\,max}$ din cele n) pornește.

$$I_{c\,max} = \sqrt{\left[(I_p)_{max} \cos \varphi + \sum_1^n I_{ni} \cos \varphi_i\right]^2 + \left[(I_p)_{max} \sin \varphi + \sum_{i=1}^{n-1} I_{ni} \sin \varphi_i\right]^2}. \qquad (1.57)$$

Alegerea întreruptorului se face tot în funcție de curentul nominal I_n, astfel:

— dacă întreruptorul este manual, tip pîrghie, se va respecta condiția (1.38);

— dacă întreruptorul este manual, tip rotativ (*PACO*), se va respecta condiția (1.37);

— dacă întreruptorul este automat, tip contactor, se va respecta condiția (1.44);

— dacă întreruptorul este automat, cu relee termice, se vor respecta condițiile (1.44) și (1.45);

— dacă întreruptorul este automat, cu relee termice și relee electromagnetice (*REM*), se vor respecta condițiile (1.44), (1.45), la care se adaugă:

$$I_{REM} \geqslant 1{,}2\ I_{c\,max}, \qquad (1.58)$$
$$I_{REM} \leqslant 4{,}5\ I_{ma},$$

condiții necesare stabilirii dimensiunii releelor electromagnetice.

Alegerea siguranțelor fuzibile se face punînd condițiile:

$$I_F \geqslant I_n$$
$$I_F \geqslant \frac{I_{c\,max}}{2}, \qquad (1.59)$$
$$I_F \leqslant 3\ I_{ma}$$

cînd întreruptorul automat nu este prevăzut cu *REM*. Dacă întreruptorul automat are *REM*, siguranțele fuzibile se aleg cu două trepte mai mari decît valoarea curentului de reglaj al *REM* stabilită cu relațiile (1.58).

Alegerea aparatelor de măsurat se face la fel ca la instalațiile pentru iluminat și prize, cu observația că instalațiile de forță fiind echilibrate, pentru ele este suficientă montarea unui singur ampermetru.

Exemplu de calcul pentru coloana tabloului de față *TF 1**

În tabelul 1.3 au fost grupate principalele date ale receptoarelor necesare în calculul coloaanei.

TABELUL 1.3

Caracteristicile receptoarelor necesare calculului coloanei *TF 1*

Receptorul	P_i [kW]	cos φ	η	I_n [A]	I_p [A]	cos φ
$m_1 - m_3$	1,1	0,78	0,73	2,9	17,6	0,626
m_4, m_5	7,5	0,84	0,855	15,9	34,5	0,543
m_6, m_7	1,5	0,79	0,76	3,8	22,8	0,613
m_8, m_9	2,2	0,74	0,77	5,9	32,5	0,673
f_{10}	5,0	0,8	0,8	11,9	59,5	0,600

Se presupune că următoarele receptoare funcționează simultan: m_1, m_2, m_4, m_6, m_8 și f_{10} ($n = 6$). Rezultă coeficientul de simultaneitate, conform relației (1.53):

$$c_s = \frac{\sum_1^6 P_i}{\sum_1^{13} P_i} = \frac{1{,}1 + 1{,}1 + 7{,}5 + 1{,}5 + 2{,}2 + 5{,}0}{35{,}3} = 0{,}52.$$

* Se vor consulta și folosi *Normativul I-7-78* și *Cataloagele de aparate*.

Aplicînd relația (1.54), rezultă randamentul mediu al receptoarelor în funcțiune simultană:

$$\eta_m = \frac{\sum_1^6 P_i}{\sum_1^6 \frac{P_i}{\eta_i}} = \frac{1,1 + 1,1 + 7,5 + 1,5 + 2,2 + 5,0}{\frac{1,1}{0,73} + \frac{1,1}{0,73} + \frac{7,5}{0,855} + \frac{1,5}{0,76} + \frac{2,2}{0,77} + \frac{5,0}{0,8}} = 0,805.$$

Se aleg: coeficientul de încărcare $c_i = 0,96$ și randamentul rețelei $\eta_r = 0,99$. Aplicînd relația (1.52) rezultă coeficientul de cerere:

$$c_c = \frac{c_s c_i}{\eta_r \eta_m} = \frac{0,52 \cdot 0,96}{0,99 \cdot 0,805} = 0,63.$$

Pentru determinarea factorului de putere mediu se aplică relația (1.55), folosind datele din tabelul 1.3:

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_1^6 I_{ni} \cos \varphi_i}{\left[\left(\sum_1^6 I_{ni} \cos \varphi_i\right)^2 + \left(\sum_1^6 I_{ni} \sin \varphi_i\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

unde:

$$\sum_1^6 I_{ni} \cos \varphi_i = 2,9 \cdot 0,78 + 2,9 \cdot 0,78 + 15,9 \cdot 0,84 + 3,8 \cdot 0,79 + $$
$$+ 5,9 \cdot 0,74 + 11,9 \cdot 0,8 = 34,8 \text{ A}.$$

$$\sum_1^6 I_{ni} \sin \varphi_i = 2,9 \cdot 0,626 + 2,9 \cdot 0,626 + 15,9 \cdot 0,543 + 3,8 \cdot 0,613 + $$
$$+ 5,9 \cdot 0,673 + 11,9 \cdot 0,6 = 25,7 \text{ A};$$

$$\cos \varphi_m = \frac{64,8}{\sqrt{34,8^2 + 25,7^2}} = 0,804.$$

Introducînd datele calculate în relația (1.51) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{c_c P_i}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi_m} = \frac{0,63 \times 35\,300}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,804} = 42,0 \text{ A}.$$

Rezultă pentru conducta de fază o secțiune din aluminiu *AFY* 16 mm², pentru care $I_{ma} = 43 \text{ A} > 42 \text{ A}$, iar coloana este:

AFY 3 × 16 mm² + *FY* 10 mm²/*PEL* 29.

Curentul maxim pe coloană se determină cu relația (1.57), în care:

$I_{p\,max} = 59,5$ A (al circuitului *f* 10 — din tabelul 1.4);

$$\sum_1^5 I_{ni} \cos \varphi_i = 2,9 \cdot 0,78 + 2,9 \cdot 0,78 + 15,9 \cdot 0,84 + 3,8 \cdot 0,79 + $$
$$+ 5,9 \cdot 0,84 = 25,3 \text{ A}.$$

$$\sum_1^5 I_{ni} \sin \varphi_i + 2,9 \cdot 0,626 + 2,9 \cdot 0,626 + 15,9 \cdot 0,543 + 3,8 \cdot 0,613 + $$
$$+ 5,9 \cdot 0,673 = 18,6 \text{ A}.$$

Rezultă:

$$I_{c\,max} = \sqrt{(59,5 \cdot 0,8 + 25,3)^2 + (59,5 \cdot 0,6 + 18,6)^2} = 90,9 \text{ A},$$

iar densitatea de curent pe coloană la pornire este:

$$J_p = \frac{I_{c\,max}}{s} = \frac{90,9}{16} = 5,7 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}.$$

Se alege un întreruptor manual tip pîrghie *IP* 100 (aplicînd relația (1.38) și utilizînd *Cataloagele de aparate*. Siguranțele fuzibile sînt date de relația (1.59):

$$I_P \geqslant I_n = 42,0 \text{ A} \rightarrow I_P \geqslant 50 \text{ A};$$

$$I_P \geqslant \frac{I_{c\,max}}{2} = \frac{90,9}{2} = 45,5 \text{ A} \rightarrow I \geqslant 50 \text{ A};$$

$$I_P \leqslant 3\, I_{ma} = 3 \cdot 43 = 129 \text{ A} \rightarrow I_P \leqslant 125 \text{ A}.$$

Din inecuațiile de mai sus rezultă $I_P = 50$ A și se aleg siguranțele *LFi* 63/50 A.

● **Calculul coloanei generale** se face în mod identic ca și calculul coloanei secundare. Fiecare din coloanele secundare va fi asimilată la nivelul *TGF* cu un circuit ai cărui parametri sînt cunoscuți.

C. ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE INTERIOARE DE JOASĂ TENSIUNE

În timpul exploatării, instalațiile electrice trebuie să funcționeze la parametrii pentru care au fost concepute și construite. Aceasta nu este posibil decît în condițiile în care instalațiile electrice sînt sub un permanent control. Controlul este necesar, deoarece, în timp, părțile componente ale unei instalații electrice se uzează în mod natural.

Totodată instalațiile electrice mai pot fi supuse accidental la solicitări suplimentare. Cele mai importante dintre acestea sînt cele:

— *mecanice*, datorită specificului procesului tehnologic, datorită vibrațiilor elementelor de construcție în care acestea sînt înglobate sau pe care sînt fixate, datorită lovirii din neatenție etc.;

— *termice*, datorită supraîncărcării la care pot fi supuse receptoarele electrice. Aceasta se poate datora nerespectării condițiilor de utilizare a instalațiilor tehnologice deservite de instalațiile electrice, efectuării unor manevre incorecte, neglijenței etc.

În urma uzurii naturale și a solicitărilor suplimentare în instalațiile electrice apar defecte. Principalele tipuri de defecte care pot apărea sînt date în cele ce urmează.

1. Întreruperea circuitului electric

Dacă se constată că nu există tensiune la barele tabloului electric, cauzele pot fi:

— **topirea siguranței fuzibile** datorită unui scurtcircuit (la lumină și prize este posibilă și o suprasarcină). Patronul siguranței se înlocuiește numai după ce este înlăturată cauza care a provocat topirea. Pentru aceasta, se

urmărește traseul circuitului electric, căutîndu-se locul unde s-a produs scurtcircuitul. Se reface legătura electrică, se schimbă siguranța fuzibilă și se repune sub tensiune. De cele mai multe ori, scurtcircuitul are loc chiar la bornele receptorului, datorită desprinderii uneia dintre legături;

— **slăbirea unei legături electrice**, executată fie prin lipire, fie prin strîngere cu filet. În primul caz se reface lipitura (de regulă acestea se află în doze), iar în al doilea caz se strînge șurubul. Depistarea legăturii desfăcute se face din aproape în aproape, pornind de la tabloul electric către receptor. Pentru aceasta se folosește detectorul de tensiune sau o lampă de control;

— **scoaterea din funcțiune a receptorului alimentat.** În acest caz se verifică rezistența receptorului cu ohmmetrul sau, dacă este posibil, se încearcă funcționarea lui la o altă sursă de tensiune. Dacă este defect receptorul, acesta se înlocuiește sau se repară, în funcție de defecțiunea pe care a suferit-o.

2. Defectul de izolație

Acest defect apare datorită **îmbătrînirii izolației conductelor** electrice. Cele mai expuse sînt conductele solicitate la variații mari de temperatură. Defectul de izolație nedepistat la timp conduce la întreruperea circuitului electric, datorită unui scurtcircuit, sau poate provoca electrocutarea (prin atingere directă sau indirectă). Izolația defectă se observă cu ochiul liber în timpul verificărilor zilnice, sau prin măsurări ce se efectuează înainte de darea în funcțiune, după ce a avut loc o intervenție mai importantă la instalația electrică.

Porțiunea defectă se înlocuiește.

3. Defectul în tabloul electric

Aceste defecte pot fi datorate unor multitudini de cauze, cum ar fi: supraîncărcări, scurtcircuite prelungite, lovituri mecanice, incendii etc. Cele mai frecvente defecte care pot apărea la un tablou electric sînt:

— **slăbirea unei legături electrice dintr-o clemă sau bornă de prindere.** În acest caz se strîng șuruburile;

— **deteriorarea clemelor de prindere.** Se înlocuiesc clemele respective și se refac legăturile electrice;

— **deteriorarea unor aparate electrice** (de comutare, de protecție, semnalizare etc.). Se identifică aparatele defecte, se desfac din tablou și se înlocuiesc cu altele noi (sau cu aceleași aparate, după ce au fost reparate) de același tip și dimensiune;

— **deteriorarea izolatoarelor de susținere a barelor tabloului electric** (pot fi sparte, rupte, smulse, slăbite etc.). Aceasta se întîmplă numai la tablourile generale mari (ale unor secții din întreprinderi, clădiri social-administrative cu putere instalată mare). Toate izolatoarele deteriorate se înlocuiesc.

Pentru înlăturarea defectelor, tabloul electric se aduce în atelierul de specialitate. Fac excepție numai dulapurile și panourile electrice, cît și tablourile electrice mari ce nu ar putea fi transportate.

4. Defecte la corpurile de iluminat

Defectele pot fi:

— **arderea lămpii.** Se înlocuiește cu o lampă nouă cu aceleași caracteristici. Aceasta este valabil atît la iluminatul incandescent (unde înlocuirea cu o lampă mai puternică ar duce la supraîncărcarea circuitului, iar cu o lampă mai puțin puternică ar provoca inconfort vizual), cît și la iluminatul fluorescent (unde modificarea culorii lămpii ar provoca de asemenea inconfort vizual). Schimbarea lămpii se va face fără demontarea corpului de pe poziție;

— **deteriorarea starterului la corpurile de iluminat fluorescente.** Cînd acesta este defect, lampa nu se aprinde sau descărcarea nu este stabilă. Se înlocuiește cu unul nou de aceeași putere, fără a demonta corpul de iluminat;

— **defectarea balastului** la corpurile de iluminat fluorescente. În timpul funcționării lămpii se aude un zgomot supărător (ca un bîziit), sau din corpul de iluminat se scurge o rășină sintetică. Balastul defect trebuie înlocuit cu unul nou de aceeași putere;

— **slăbirea legăturilor în borne sau în clemele de conexiuni.** Acestea se strîng sau se înlocuiesc dacă slăbirea se datorește deteriorării bornelor sau clemelor;

— **spargerea, fisurarea, străpungerea părților izolatoare.** Acesta se înlocuiesc, iar dacă nu este posibil întreg corpul de iluminat se înlocuiește;

— la corpurile de iluminat pot să mai apară și alte tipuri de defecte, cum ar fi **spargerea sistemului optic, murdărirea suprafețelor reflectante, deteriorarea sistemului de prindere** etc. În acest cazuri se intervine, înlăturînd defectele pentru a nu afecta starea de confort vizual de la locul de muncă sau buna funcționare din punct de vedere electric a corpului de iluminat.

5. Defecte la prize

● Principalele **cauze** care provoacă defecte la prizele monofazice sînt:

— **supraîncărcarea,** prin racordarea la acestea a unor receptoare de peste 2 000 W. Curentul mare care trece prin priză degajă o cantitate de căldură mai mare decît cea care poate fi evacuată de către elementele componente ale prizei. De aceea, o parte din căldura dezvoltată se acumulează în aceste elemente, ducînd la deteriorarea lor (deformarea sau topirea părților izolatoare plastice);

— **solicitarea mecanică repetată** datorită introducerii și scoaterii fișelor din priză. Această solicitare afectează stabilitatea prizei în doză, care în timp duce și la solicitarea mecanică a conductelor de alimentare, favorizînd scurtcircuitul.

● Aceste solicitări duc la apariția următoarelor **defecte**:

— **distrugerea parțială sau totală a prizei** (topire, ardere). Priza se înlocuiește, iar pe perete, deasupra acesteia, se înscrie puterea maximă la care poate fi utilizată priza;

— **lipsa de stabilitate a prizei în doză.** Se strîng șuruburile ghearelor de fixare a prizei în doză. Totodată se strîng și șuruburile de la borne.

6. Defecte la motoarele electrice trifazate asincrone

Utilizarea foarte diversă a acestor tipuri de receptoare face ca atît regimurile de funcționare cît și solicitările suplimentare la care pot fi supuse să fie deosebit de variate.

Repararea motoarelor electrice se face numai în atelierele de instalații electrice. Fac excepție motoarele foarte mari care ridică probleme de transport. La acestea, demontarea, remontarea, înlocuirea lagărelor, impregnarea, uscarea, echilibrarea se fac pe poziția de montaj a motorului. Bobinarea sau repararea bobinajului se execută în atelier (v. cap. 5 și tabelul 5.2).

D. NORME DE PROTECȚIE A MUNCII

În țara noastră sînt elaborate *Normele republicane de protecție a muncii* care cuprind cadrul general de tehnică a securității muncii și normele de igienă a muncii. Acestea sînt obligatorii pentru toate ministerele, organele centrale ale administrației de stat, cooperatiste și obștești. Sub îndrumarea Ministerului Muncii fiecare din aceste departamente au elaborat *Norme departamentale de protecție a muncii*, obligatorii pentru toate organizațiile ce le au în subordine.

● Personalul care lucrează la instalațiile electrice sub tensiune va folosi totdeauna **mijloacele individuale de protecție împotriva electrocutării și acțiunii arcului electric.** Acestea sînt:

— **mijloace de protecție izolante**, care au drept scop protejarea omului prin izolarea acestuia față de elementele aflate sub tensiune sau față de pămînt. Cele mai importante mijloace de acest fel sînt: clești și prăjini electroizolante (pentru a manipula siguranțele și separatoarele din instalațiile electrice exterioare)scule cu mînere electroizolante, mănuși, cizme, galoși, covoare, preșuri și platforme electroizolante;

— **indicatoare mobile de tensiune,** pentru a verifica prezența sau lipsa tensiunii;

— **garnituri mobile de scurtcircuitare și legare la pămînt** pentru protecție împotriva apariției tensiunii la locul de muncă (datorită conectărilor greșite, tensiunilor induse sau descărcărilor capacitive);

— **panouri, paravane, împrejmuiri** și **semnalizări** sau **indicatoare mobile,** folosite pentru a delimita zonele protejate și zonele de lucru;

— **plăci avertizoare** care au rol:

— de avertizare a pericolului pe care îl prezintă apropierea de elementele aflate sub tensiune;

— de interzicere a unor acțiuni care ar putea duce la accidente;

— de siguranță, prin care se aduce la cunoștință personalului executant că au fost luate unele măsuri înainte de începerea lucrului și că se pot executa anumite manevre și lucrări (cum ar fi *„Scos de sub tensiune"*, *„Lucrați aici!"*, *„Urcați pe aici!"*, *„Legat la pămînt"* etc.);

— de informare cu privire la unele puncte de lucru (cum ar fi: *„Folosiți mănușile de protecție"*, *„Lucrați numai cu cască de protecție"*, *„Folosiți centura de siguranță"* etc.).

De asemenea, la locurile de muncă pentru diferitele lucrări în instalațiile electrice se vor afișa instrucțiuni de protecție a muncii, de acordarea primului ajutor în caz de electrocutare și de prevenire și stingere a incendiilor.

● **Pentru scoaterea accidentatului de sub tensiune** este necesar să se cunoască următoarele:

— atingerea cu mîna a unui conductor aflat sub tensiune provoacă în majoritatea cazurilor o contractare convulsivă a mușchilor, în urma căruia degetele se strîng atît de tare, încît mîinile nu pot fi desprinse de pe conductor;

— cel care intervine nu trebuie să vină în contact direct cu accidentatul aflat sub tensiune;

— prima măsură care se întreprinde este scoaterea rapidă de sub tensiune a părții din instalație cu care accidentatul a venit în contact. Este necesar ca scoaterea de sub tensiune să fie completată de măsuri ca:

— asigurarea securității accidentatului dacă acesta se află la înălțime;

— asigurarea unui iluminat corespunzător în locul unde s-a produs accidentul, utilizînd o altă sursă de energie;

— dacă deconectarea nu se poate realiza rapid, se îndepărtează accidentatul de părțile aflate sub tensiune, întrebuințînd materiale izolante bine uscate (o haină, un par, o funie, o scîndură etc.). Este interzisă utilizarea unor elemente metalice sau a unor materiale umede. De aceea se interzice tragerea de picioare sau de haine dacă acestea nu sînt bine uscate;

— pentru tragerea accidentatului se pot utiliza mănuși din cauciuc electroizolant și galoși din același material;

— accidentatul se va plasa pe un material rău conducător (o pînză uscată, o grămadă de haine uscate, o scîndură etc.);

— pe cît posibil se recomandă a se acționa cu o singură mînă;

— la nevoie conductorul sub tensiune se poate tăia cu un topor cu coada din lemn uscat. Pentru mai multă siguranță, operatorul se echipează cu galoși și mănuși din cauciuc;

— dacă accidentatul nu și-a pierdut cunoștința, dar a stat un timp îndelungat sub curent, trebuie să i se asigure o liniște perfectă pînă la venirea medicului și apoi 2—3 ore trebuie să stea sub observație;

— dacă accidentatul și-a pierdut cunoștința, dar își păstrează respirația, va fi întins comod. I se vor descheia hainele (cravata, cămașa, cureaua, cordonul etc.) pentru a se crea un curent de aer proaspăt, i se va da să miroasă amoniac și i se va frecționa corpul pentru a se încălzi. Medicul va fi chemat de urgență. Dacă respirația este greoaie, i se va face respirație artificială;

— dacă lipsesc semnele de viață (respirație, bătăile de inimă, pulsul), accidentatul nu trebuie considerat decedat. I se va face imediat respirație artificială fără întrerupere.

● **Regulile de efectuare a respirației artificiale** sînt următoarele:

— respirația artificială se aplică numai atunci cînd accidentatul nu respiră de loc, sau cînd aceasta este foarte greoaie și se înrăutățește în timp;

— respirația artificială începe imediat după scoaterea de sub tensiune și continuă fără întrerupere, pînă la obținerea unui rezultat pozitiv, sau pînă apar semnele de moarte reală (pete pe corp și înțepenirea corpului);

— înainte de a începe respirația artificială, accidentatul este eliberat imediat de hainele ce-i stingheresc respirația și i se deschide gura (dacă este încleștată, se introduce între măsele o scîndurică, o placă metalică sau o coadă de lingură).

Respirația artificială poate fi efectuată în două feluri:

— **prima metodă se aplică cînd cel ce efectuează respirația artificială este singur.** Accidentatul se așază cu spatele în sus, cu capul pe o mînă, cu fața într-o parte, iar cealaltă mînă de-a lungul capului; sub obraz este bine să i se aștearnă o pînză curată. Pe cît este posibil trebuie să i se scoată limba afară, fără a o ține cu mîna. Persoana care acordă ajutorul se va așeza în genunchi deasupra accidentatului, cu fața spre capul acestuia, în așa fel încît coapsele accidentatului să se găsească între genunchii celui care acordă ajutorul. Se așază palmele pe spinarea accidentatului, pe coastele inferioare, apucîndu-l lateral. Numărînd „unu, doi, trei", corpul persoanei care dă ajutorul se va apleca treptat înainte în așa fel încît greutatea corpului să se sprijine pe mîinile întinse, și, în acest fel, se vor apăsa coastele inferioare ale accidentatului (expirație). Fără a dezlipi mîinile de pe spinarea accidentatului, persoana care dă ajutorul va reveni brusc în poziția inițială (inspirație). După ce va număra „patru, cinci, șase", persoana care dă ajutorul se va apleca din nou cu greutatea corpului său pe mîinile întinse numărînd „unu, doi, trei" etc.;

— **a doua metodă se utilizează cînd ajutorul este dat de două persoane.** Se așază accidentatul pe spate, punîndu-i-se sub omoplați un pachet de haine, în așa fel încît capul să-i atîrne înapoi. Trebuie să i se scoată limba și să i se mențină afară, trăgînd-o în jos spre bărbie.

Una din cele două persoane se așază în genunchi lîngă capul accidentatului, apucîndu-l de mîini lîngă coate și se lasă încetișor pe părțile laterale ale pieptului acestuia (expirație). Numărînd „unu, doi și trei", ridică mîinile accidentatului, și i le dă peste cap (inspirație). Numărînd „patru, cinci, șase" apasă din nou mîinile pe piept etc.

● **Executarea, exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor electrice se vor face numai de către electricieni calificați.** Electricienii care trebuie să execute lucrări sub tensiune vor fi autorizați, în mod special de conducerea întreprinderii.

Persoanele care deservesc instalațiile electrice trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să fie sănătoase din punct de vedere psihic;

— să nu sufere de boli, sau să aibă infirmități care i-ar putea stînjeni în activitatea lor;

— să posede cunoștințe profesionale și de tehnică a securității muncii și prevenire și stingere a incendiilor, corespunzătoare funcției ce o dețin;

— să cunoască procedeele de scoatere de sub tensiune a persoanelor electrocutate și să le poată acorda primul ajutor.

Pentru o bună însușire a cunoștințelor de tehnica securității muncii, de prevenire și stingere a incendiilor, de scoatere de sub tensiune și de acordare a primului ajutor, personalul muncitor este supus următoarelor instructaje:

— **instructajul introductiv general,** care se efectuează la angajare (ca și cu ucenicii, elevii și studenții la efectuarea practicii). Durata acestuia poate fi între 8 ore și 2 zile în funcție de specificul întreprinderii. După instructaj, se face o verificare a cunoștințelor de protecția muncii al cărei rezultat se menționează în fișa individuală de protecția muncii;

— **instructajul la locul de muncă,** care se efectuează la locul unde a fost repartizată persoana nou încadrată (sau transferată). Durata instructajului va fi de cel puțin 8 ore. Verificarea cunoștințelor se face de către șeful ierarhic

superior al celui ce a făcut instructajul. Numai dacă acestea au fost însușite în mod corespunzător persoana este admisă la lucru;

— **instructajul periodic** care se efectuează la locul de muncă de către conducătorul acestuia. Acesta se efectuează la termenele fixate (o dată la 16 luni în funcție de natura locului de muncă) sau în următoarele cazuri:

— dacă lucrătorul a suferit un accident de muncă soldat cu incapacitate temporară;

— dacă lucrătorul a lipsit mai mult de 40 zile de la locul de muncă;

— cînd se modifică procesul tehnologic, condițiile de muncă, cînd se introduc utilaje și tehnici noi;

— cînd s-au modificat *Normele departamentale de protecție a muncii* și cînd se execută lucrări speciale, diferite de cele pe care lucrătorul le execută în mod obișnuit.

E. NORME DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

Activitatea în mediul exploziv obligă la luarea unor măsuri care să prevină declanșarea unei explozii sau a unui incendiu. Pentru aceasta, în funcție de mediu, s-au stabilit o serie de măsuri suplimentare ce trebuie respectate în mod deosebit. Cele mai importante dintre acestea sînt:

— se interzice folosirea în stare defectă a instalațiilor electrice și a receptoarelor de energie electrică de orice fel, precum și a celor uzate sau improvizate;

— se interzice încărcarea instalațiilor electrice (cabluri, conducte, tablouri, transformatoare) peste sarcina admisă;

— se interzice suspendarea corpurilor de iluminat direct de conductele de alimentare;

— se interzice agățarea sau introducerea pe/în interiorul panourilor, nișelor, tablourilor electrice etc. a obiectelor de orice fel, precum și adăpostirea de obiecte sau materiale în posturile de transformare sau distribuție;

— se interzice folosirea instalațiilor electrice neprotejate, în raport cu mediul (etanș la praf, la umezeală);

— se interzice executarea lucrărilor de întreținere și reparații a instalațiilor electrice de către personal necalificat și neautorizat;

— se interzice utilizarea lămpilor portabile alimentate prin cordoane improvizate sau uzate;

— se interzice folosirea la corpurile de iluminat a filtrelor de lumină (abajururi), improvizate din carton, hîrtie sau alte materiale combustibile;

— se interzice întrebuințarea radiatoarelor și a reșourilor electrice în alte locuri decît cele stabilite și în condiții care prezintă pericol de incendiu;

— se interzice folosirea legăturilor provizorii prin introducerea conductelor electrice fără fișă, direct în priză;

— se interzice utilizarea receptoarelor de energie electrică (fiare de călcat, reșouri, radiatoare, ciocane de lipit) fără luarea măsurilor de izolare față de elementele combustibile din încăperi;

— se interzice așezarea pe motoarele electrice a materialelor combustibile (cîrpă, hîrtie, lemn);

— se interzice lăsarea neizolată a capetelor conductelor electrice, în cazul demontării parțiale a unei instalații.

Capitolul 2

INSTALAŢII ELECTRICE DE CURENŢI SLABI

A. GENERALITĂŢI

Prin **instalaţii de curenţi slabi**, se înţeleg, în general, *instalaţiile electrice care sînt parcurse de curenţi de intensitate relativ mică în raport cu cei ce parcurg instalaţiile de lumină sau de forţă.* Intensitatea scăzută a curentului se datoreşte în special puterii receptoarelor din astfel de instalaţii, care este mică. Totuşi, denumirea este improprie, deoarece şi aceste instalaţii pot fi parcurse de curenţi mari, mai ales atunci cînd sînt alimentate cu tensiune redusă.

Principalele tipuri de instalaţii care sînt cuprinse sub această denumire sînt:

— *instalaţiile pentru semnalizări acustice şi optice* (ca exemple pot fi date: instalaţiile de sonerii, pentru chemarea şi căutarea de persoane, de avertizare a unei situaţii anormale în construcţie etc.);

— *instalaţiile electrofonice* (ca exemple pot fi date: instalaţiile de telefonie, de radioficare, de radioamplificare etc.);

— *instalaţiile de ceasuri electrice.*

B. INSTALAŢII PENTRU SEMNALIZĂRI ACUSTICE ŞI OPTICE

Acestea sînt cele mai răspîndite instalaţii de curenţi slabi. Dintre acestea fac parte:

— *instalaţiile de sonerii;*

— *instalaţiile pentru chemarea de persoane* (în hoteluri, spitale);

— *instalaţiile pentru semnalizarea unei situaţii anormale în construcţie* (apariţia unui incendiu etc.) sau *într-o instalaţie* (depăşirea temperaturii maxime admise, depăşirea presiunii maxime admise, scăderea temperaturii sau a presiunii sub o limită inferioară admisă etc.).

1. Instalaţii de sonerii

Acestea au rolul de a produce un semnal acustic pe cale electrică. Cea mai simplă instalaţie de sonerie (fig. 2.1) este compusă din:

— transformatorul electric, care are rolul de a reduce tensiunea reţelei de 220 V (sau 120 V) la tensiunea de 3; 5; 8 V;

— clopotul electric care are rolul de a transforma energia electrică în energie acustică uşor de perceput de om;

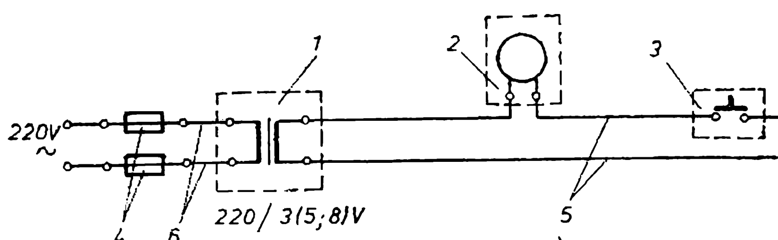


Fig. 2.1. Instalaţie de sonerie:

1 — transformator electric; 2 — clopot; 3 — buton de acţionare; 4 — siguranţe fuzibile; 5 — conducte electrice de tensiune redusă; 6 — conducte electrice la tensiunea de 220 V (sau 120 V).

— butonul de acţionare, care are rolul de a închide circuitul electric al clopotului;

— conducte electrice pentru circuitul de tensiune redusă;

— conducte electrice pentru legarea la reţeaua electrică de 220 V (sau 120V).

Instalaţia de sonerie este prevăzută cu siguranţe fuzibile, montate pe conductele de legare la reţeaua de 220 V (sau 120 V), pentru a asigura protecţia la scurtcircuit.

Instalaţia de sonerie astfel descrisă se utilizează frecvent în apartamentele de locuinţe. Alimentarea soneriei se face dintr-un circuit de priză. Siguranţele fuzibile, transformatorul şi clopotul electric se montează în apartament pe placa tabloului electric (fig. 2.2). Butonul de acţionare se montează pe perete în exteriorul apartamentului, lîngă uşa de intrare. Conductele electrice pînă la buton sînt conducte din cupru sau aluminiu, izolate cu masă plastică (*TY* 0,8). Ele se introduc într-un tub de protecţie de masă plastică (*IPY*) care se montează îngropat în perete sau în tencuiala acestuia. În cazul în care instalaţia de sonerie se execută ulterior instalaţiei electrice din apartament, transformatorul şi clopotul se montează lîngă tabloul electric pe o placă de lemn sau alt material izolator.

Soneria electrică (fig. 2.3) este formată dintr-un electromagnet de curent alternativ, care are două bobine *1*, un miez de fier *2*, o lamelă elastică metalică *3* (care are la vîrf un mic ciocănel) şi un clopot metalic *4*. Cînd electromagnetul este parcurs de curent, lamela elastică *3* vibrează şi loveşte clopotul *4*, provocînd un semnal acustic. Sunetul poate fi schimbat ca intensitate prin modificarea distanţei dintre ciocănelul lamelei *3* şi clopotul *4*. Aceasta se face prin strîngerea sau slăbirea şurubului de fixare al clopotului.

Toate aceste piese se montează pe un suport de ebonită *5*, care este pre-

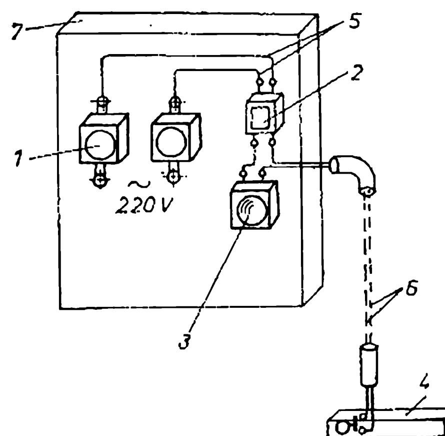


Fig. 2.2. Montarea instalaţiei de sonerie: 1 — siguranţe fuzibile; 2 — transformator; 3 — clopt; 4 — buton; 5 — conducte electrice de legătură în tabloul electric; 6 — conducte electrice montate în tub de protecţie şi îngropate în perete; 7 — placa tabloului electric.

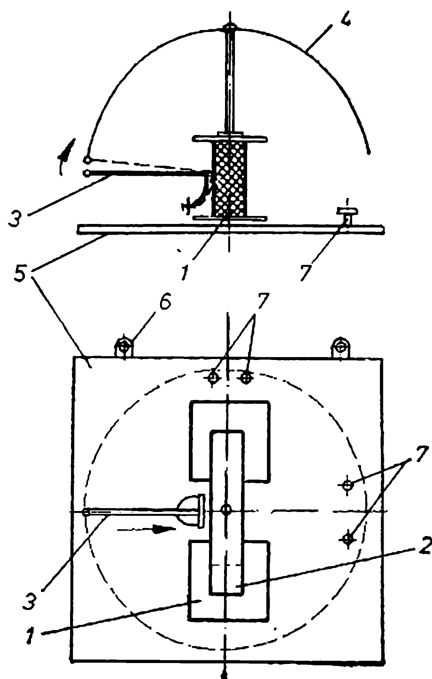


Fig. 2.3. Sonerie electrică.

văzut cu niște urechi de prindere *6*. Legăturile electrice la înfășurarea electromagnetului se fac la bornele *7*.

Schema electrică monofilară a unei instalații de sonerie de apartament este arătată în figura 2.4.

În cazul locuințelor cu puține apartamente, soneriile pot fi acționate din două locuri (fig. 2.5); de la ușa de intrare în clădire (unde pe o placă se află toate butoanele pentru apartamentele din aceasta) și de la ușa fiecărui apartament. Pentru astfel de instalații, care de regulă au o întindere mică, se montează un singur transformator de sonerie. Acesta se montează în tabloul de lumină comun pentru apartamente. În ultimul timp, clopotul electric este înlocuit în apartamente, cu o sonerie muzicală.

Instalațiile de sonerii se mai utilizează frecvent în școli, institute de învățămînt superior, cămine, internate etc.

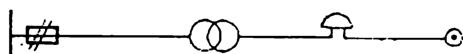


Fig. 2.4. Schema electrică unifilară a unei instalații de sonerie de apartament.

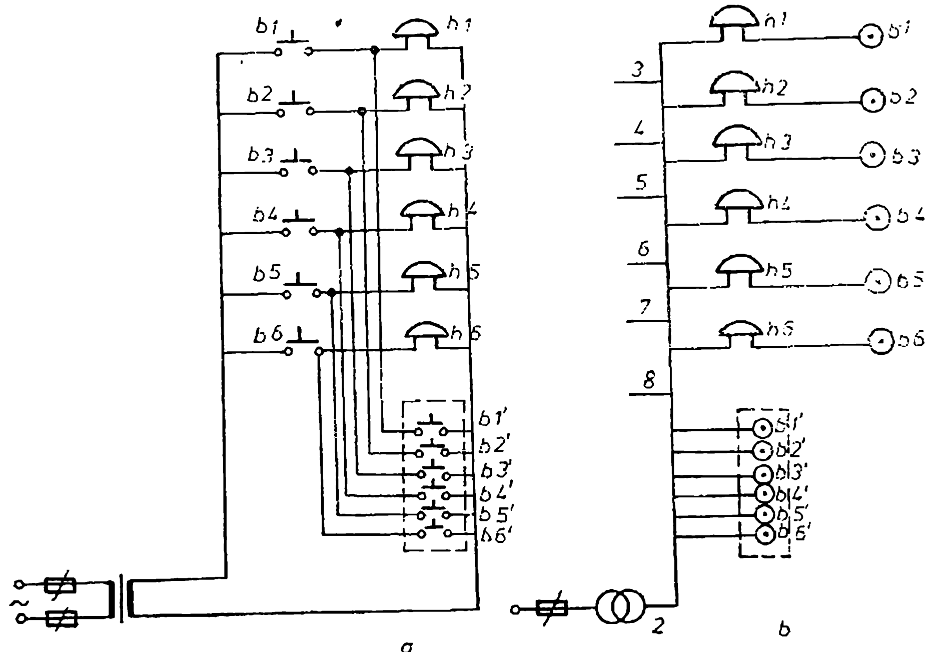


Fig. 2.5. Schema electrică a unei instalații de sonerii pentru o locuință cu șase apartamente: *a* — schema multifilară; *b* — schema unifilară; h_1 ... *h* — soneriile din apartamente; *b1* ... *b6* — butoanele de la intrarea în apartamente; *b'* ... *b6'* — butoanele de la intrarea în clădire (la ușa de intrare).

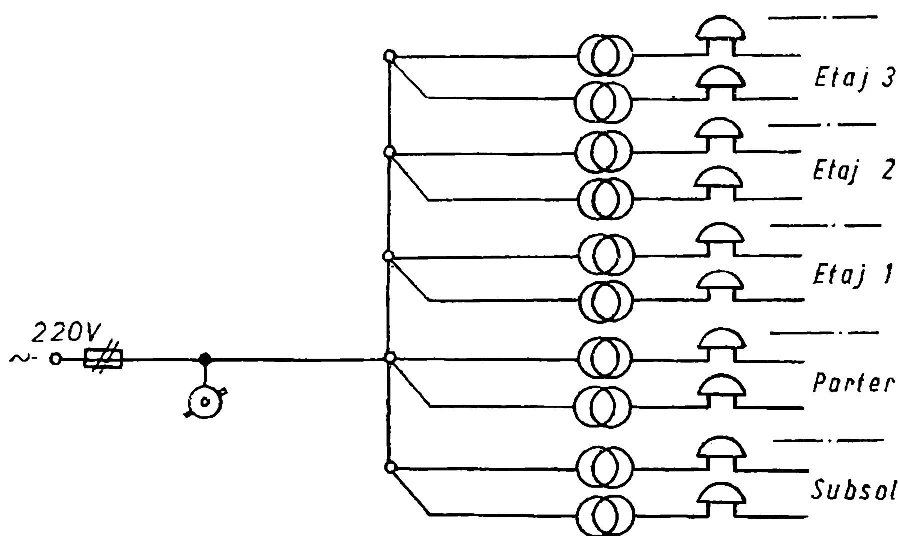


Fig. 2.6. Schema electrică monofilară a unei instalații de sonerii dintr-o școală.

În aceste cazuri toate soneriile sînt acționate simultan de un buton (fig. 2.6). Acesta se amplasează pe conductele de 220 V în secretariate, în camera personalului de supraveghere sau de pază. În figura 2.6 este prezentată o astfel de instalație pentru o clădire cu subsol, parter și trei etaje. Pentru fiecare din nivele sînt prevăzute cîte două sonerii. Fiecare sonerie este prevăzută cu transformator de sonerie individual. Schema se utilizează în situațiile în care construcția are o întindere mare. Prezintă avantajul că transformatoarele nu funcționează în gol, iar conductele de alimentare pentru 220 V au dimensiuni mult mai economice decît în situația în care distribuția s-ar fi făcut pe tensiunea redusă.

2. Instalații pentru chemarea de persoane

Sînt instalații de curenți slabi frecvent utilizate în spitale și hoteluri. În figura 2.7 este prezentată schema desfășurată a unei astfel de instalații. Butoanele *b1.1 b1. 2* și *b1.3* * se află în camera *1* lîngă fiecare pat (sau un buton între două paturi), butoanele *b2.*1, *b2.2* și *b2.3* în camera *2* etc.

Soneria h_0 și lămpile de semnalizare *h1. 1, h2.1* etc. se află montate în încăperea de supraveghere unde se află persoana căutată. Lămpile *h1.2, h2.2* etc. se montează pe culoar, deasupra camerelor *1, 2* etc. Instalația mai cuprinde releele *d1, d2* care se găsesc montate pe același panou cu soneria h_0 și lămpile *h1.1, h2.1*. Instalația funcționează în felul următor: cînd personalul de serviciu este căutat, se apasă pe unul din butoanele *b1.1* . . . *b2.3*, de exemplu *b2.2* (buton ce este montat în camera *2* lîngă patul *2*). Aceste butoane sînt duble, efectuînd simultan contactele *1-2* și *2-3*. Butonul *b2.2* stabilește următoarele circuite:

* S-au folosit semnele convenționale și notațiile învățate în manualul de clasa a XI-a

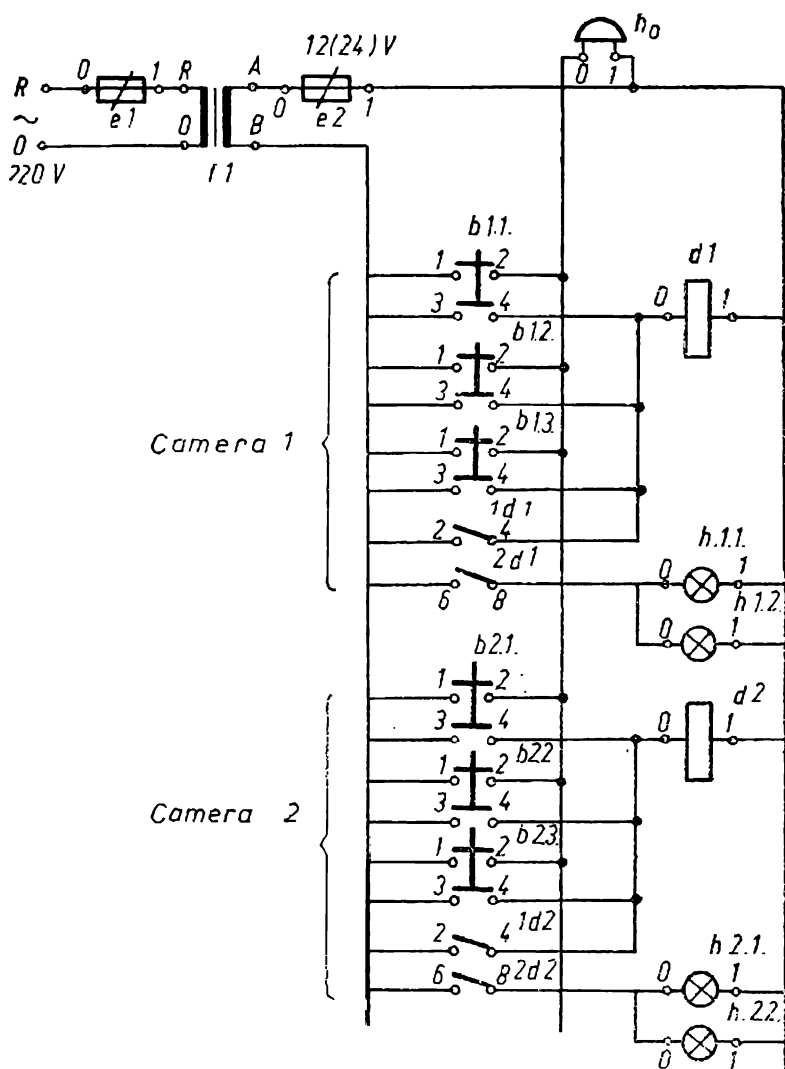


Fig. 2.7. Schema electrică desfăşurată a unei instalaţii pentru chemarea de persoane dintr-un spital.

transformatorul f_1 — borna *B*, butonul *b2.2* — borna *1*, butonul *b2.2* — borna *2*, soneria h_0 — borna *O*, soneria g_0 — borna *1*, siguranţa fuzibilă *e2* — borna *1*, siguranţa fuzibilă — borna *O* şi transformatorul f_1 — borna *A*;

$$f_1\text{-}B,\ b3{,}2\text{-}3\ b2.2\text{-}4,\ d2\text{-}0,\ d2\text{-}1,\ e2\text{-}1\ e2\text{-}0,\ f_1\text{-}A.$$

Prin realizarea primului circuit se pune sub tensiune soneria h_0 care avertizează acustic că s-a făcut un apel. Al doilea circuit asigură punerea sub tensiune a releului intermediar *d2* care închide contactele normal deschise *1d2* şi *2d2*. Primul dintre acestea asigură automenţinerea releului *d2*, iar al doilea asigură funcţionarea lămpilor de semnalizare *h2.1* (din camera de supraveghere) şi *h2.2* (aflată pe coridor, deasupra uşii camerei din care s-a chemat),

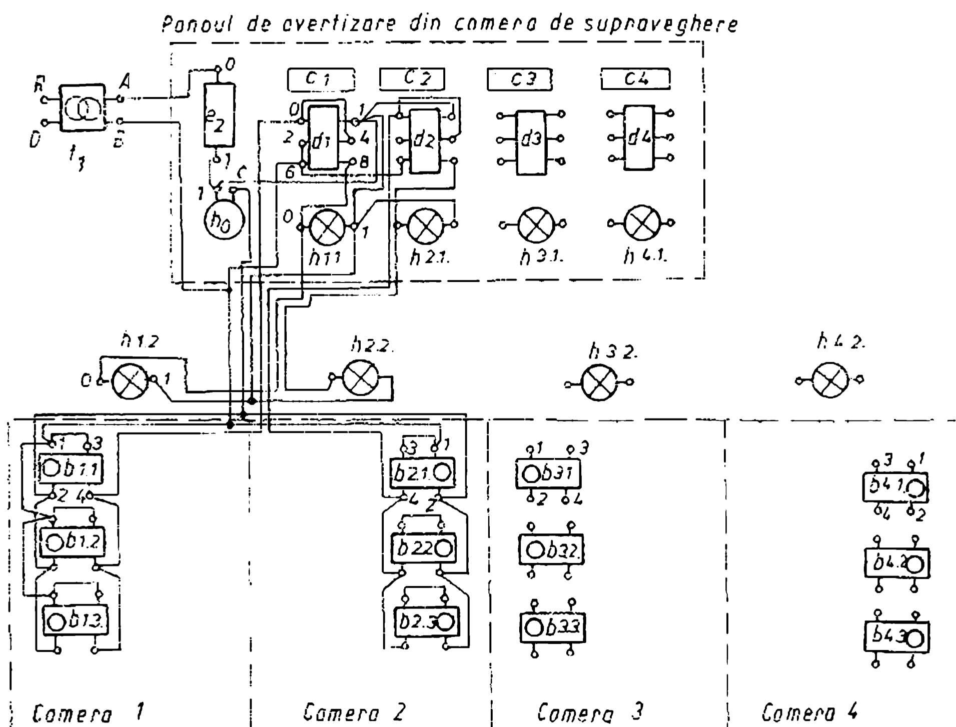


Fig. 2.8. **Instalație pentru chemarea de persoane dintr-un spital pentru patru camere cu trei paturi în fiecare cameră.**

realizîndu-se și o avertizare optică. Aceasta permite o ușoară identificare a încăperii din care s-a făcut apelul. Soneria h_0 funcționează numai atît timp cît se apasă pe butonul *b2.2*, în timp ce lămpile *h2.1* și *h2.2* rămîn aprinse, deoarece releul *d2* este parcurs de curent. După rezolvarea apelului, personalul de serviciu revine în camera de supraveghere și deblochează releul *d2*, pregătind instalația pentru un nou apel din aceeași încăpere. Dacă pe perioada absenței din încăperea de supraveghere a personalului se efectuează unul sau mai multe apeluri din alte camere, lămpile de avertizare corespunzătoare acestor camere rămîn aprinse atît pe panoul din încăpere, cît și pe culoare, permițînd identificarea rapidă a locurilor de apel.

Temă. Urmărind schema din figura 2.7 să se completeze legăturile dintre aparatele din figura 2.8, și să se stabilească numărul de conductoare dintre panoul de avertizare și cele două încăperi.

3. Instalații pentru semnalizarea unei situații anormale în construcție sau într-o instalație

De multe ori, în construcții sau în instalații, pot să apară situații anormale care, nedepistate într-un timp scurt, pot să conducă la mari pagube materiale, la oprirea procesului de producție și uneori chiar la pierderi de vieți omenești. Astfel, un incendiu nedepistat din timp poate să ducă la distrugerea completă a construcției cu toate bunurile din aceasta, poate să provoace explozii etc.

Depășirea temperaturii admise într-o instalație poate să ducă la depășirea presiunii normale, putînd provoca explozii, poate să conducă la degradarea unor produse, la accidente de muncă etc.

De aceea, pentru buna desfășurare a activității dintr-o construcție și buna funcționare a instalațiilor ce deservesc construcția sau fac parte din diferite fluxuri tehnologice acestea sînt prevăzute cu diverse instalații de avertizare în funcție de specificul lor. Diversitatea instalațiilor pentru semnalizarea situațiilor anormale este foarte mare. În momentul de față, datorită dezvoltării remarcabile a științei și tehnicii, se poate aprecia că aproape orice situație considerată anormală poate fi semnalizată (depășirea temperaturii și presiunii unui mediu, apariția fumului, focului, modificarea concentrației unui gaz, a intensității curentului, a tensiunii, a factorului de putere etc.).

Toate aceste instalații pentru semnalizarea situațiilor anormale funcționează după schema de principiu din figura 2.9. Instalațiile se compun dintr-un dispozitiv *T*, numit *traductor* ce este în măsură să transforme un semnal neelectric (termic, mecanic, luminos etc. în funcție de situația urmărită) într-un semnal electric. Semnalul electric este transmis centralei de avertizare care semnalizează situația anormală atît acustic (cu o sonerie sau hupă), cît și optic (cu lămpi de semnalizare).

a. Instalații de semnalizare pentru depășirea temperaturii

În aceste instalații traductorul este de regulă un termometru cu contacte electrice (fig. 2.10). Acesta este un termometru cu ac indicator *I*. Termometrul mai este prevăzut cu două indicatoare fixe (*LI* pentru limita inferioară și *LS* pentru limita superioară a temperaturii), limite ce nu trebuie depășite pentru a nu crea o situație anormală în instalație. Indicatoarele *LI* și *LS* pot fi fixate după dorință pe scala aparatului. Atît indicatoarele *LI* și *LS*, cît și acul indicator mobil *I* au prevăzut contacte electrice, astfel încît la atingerea limitelor ele închid un circuit electric. Termometrele cu contacte au un racord pentru agentul a cărui temperatură se urmărește și un altul pentru conductele electrice ce se leagă la contactele termometrului. În cazul descris mai sus sînt necesare trei conducte pentru racordul electric.

În multe situații indicatorul fix pentru limita inferioară (*LI*) poate să lipsească și legătura electrică se face numai cu două conducte electrice. Schema electrică desfășurată a unei astfel de instalații este dată în figura 2.11. Con-

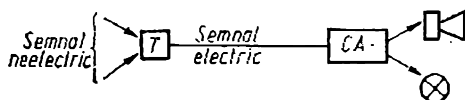


Fig. 2.9. Schema de principiu a unei instalații pentru semnalizarea unei situații anormale.

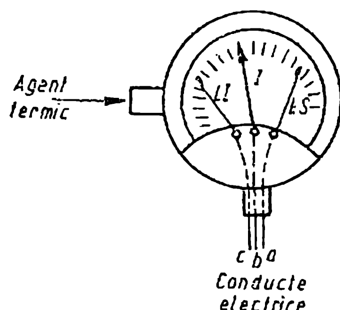


Fig. 2.10. Termometru cu contacte electrice.

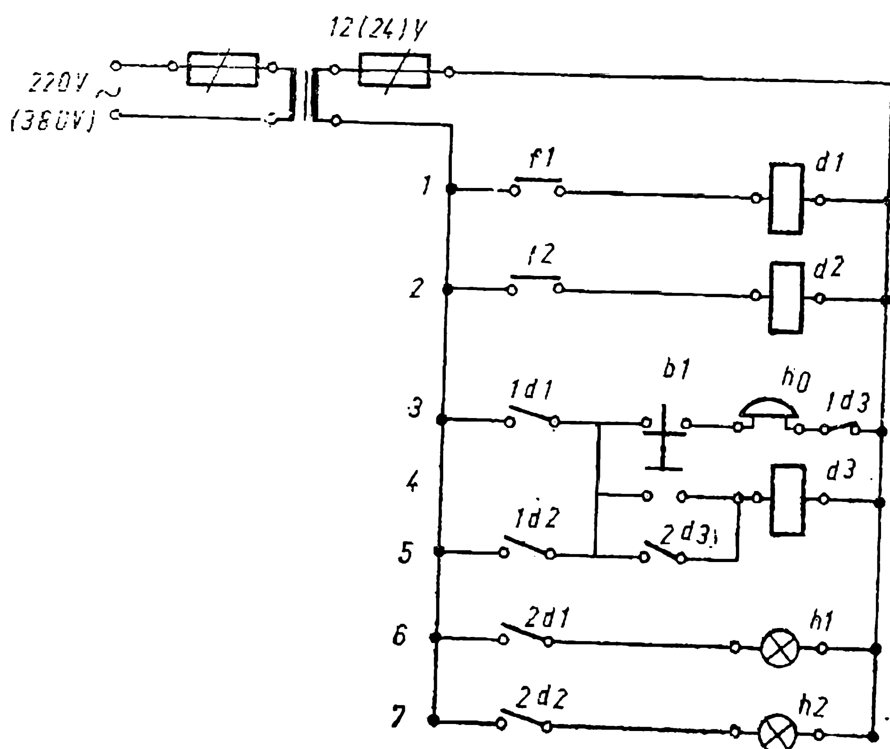


Fig. 2.11. Schema electrică desfășurată a unei instalații de avertizare pentru depășirea temperaturii.

tactul corespunzător atingerii limitei inferioare a temperaturii este indicat prin contactul normal deschis $(ND)f_1$, iar cel corespunzător atingerii limitei superioare a temperaturii prin f_2. Cînd se atinge temperatura limită inferioară se închide contactul f_1. Se pune sub tensiune, în acest fel, releul intermediar *d1* aflat pe linia *1*. Acesta închide contactele *1d1* (linia 3) și *2d1* (linia *6*). Primul pune sub tensiune soneria h_0 montată pe linia *3*; în felul acesta se face o primă avertizare acustică care atrage atenția personalului de supraveghere. Dacă soneria este supărătoare, prin apăsarea butonului dublu *b1* aceasta este scoasă de sub tensiune și semnalul încetează. Butonul *b1* pune totodată sub tensiune releul *d3* care la rîndul lui închide contactul *2d3* care realizează automenținerea și deschide contactul *1d3* care întrerupe circuitul soneriei h_0 chiar dacă se lasă liber butonul *b1*. Contactul *2d1* realizează închiderea circuitului lămpii de semnalizare *h1* (pe linia *6*) care avertizează optic asupra atingerii temperaturii minime. Semnalul optic se menține atîta timp cît releul *d1* va fi parcurs de curent. Curentul prin aceasta încetează numai dacă contactul *f1* se deschide, deci dacă temperatura a început să crească peste valoarea limită inferioară. Dacă se atinge temperatura limită superioară, se închide contactul *f2* și releul *d2* este parcurs de curent (linia *2*). Acesta închide contactele normal deschise de pe liniile *5* și *7* (*1d2* și *2d2*), determinînd funcționarea soneriei h_0 pentru avertizarea acustică și a lămpii de semnalizare h_2, asigurînd astfel și semnalizarea optică (deoarece soneria se deblochează ca și în cazul anterior).

În același mod sînt concepute și instalațiile de semnalizare pentru depășirea:

— presiunii limită într-un recipient. În locul termometrului se utilizează un manometru cu contacte (pentru presiunea limită inferioară, superioară și pentru acul indicator al presiunii);

— nivelului limită într-un rezervor. În acest caz, termometrul este înlocuit cu un dispozitiv mecanic de închidere a contactelor *f1* și *f2* (fig. 2.11), cînd se ating nivelurile limită inferioară și respectiv limită superioară. Schița de principiu a acestuia este arătată în figura 2.12. Nivelul apei din rezervor este urmărit de plutitoarele *P1* și *P2*. De fiecare plutitor este prinsă o sîrmă din oțel *1*, trecută peste un scripete fix *2*. La celălalt capăt al sîrmei se află o contragreutate *3*, ce ține sîrma foarte bine întinsă. Pe această sîrmă se află montată o sferă metalică *4* prin intermediul a două izolatoare *5*. Cînd se atinge nivelul minim, sfera metalică prinsă de plutitorul *P1* coboară și ajunge între contactele metalice *6*, prin împingerea resortului *7*. În acest fel se închide electric contactul *f1* din figura 2.11, permițînd semnalizarea acustică și optică a situației apărute (atingerea nivelului minim). Dacă se atinge nivelul maxim, sfera prinsă de plutitorul *P2* închide contactul *f2* prin intermediul contactului mobil *6* și se semnalizează atingerea nivelului maxim.

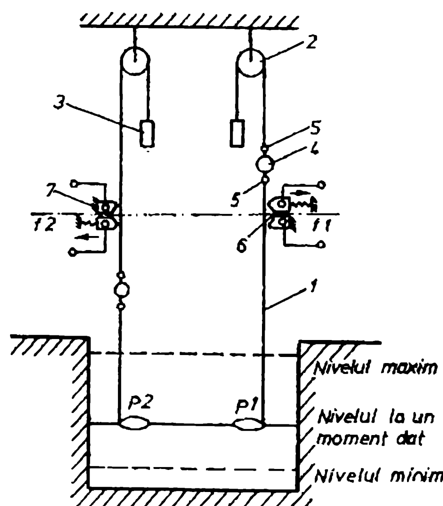


Fig. 2.12. Schema de principiu a dipozitivului mecanic pentru închiderea contactelor la atingerea nivelului minim și maxim într-un rezervor.

b. Instalații de semnalizare a incendiului

În aceste instalații, traductorul din figura 2.9 este un detector de incendiu. Detectoarele de incendiu se execută în foarte multe tipuri, diferite între ele atît prin principiul fizic pe care se bazează, cît și prin construcția propriu-zisă. În cele ce urmează se va descrie o **instalație de semnalizare ce utilizează un detector de temperatură cu fuzibil** (fig. 2.13) ce se fabrică și în țara noastră. Se compun dintr-o carcasă din masă plastică *1* în interiorul căreia se află un grup de lamele metalice *2*, *3* și *4*, bornele electrice *a*, *b* și *c* și un cilindru din masă plastică *5*, de culoare roșie. Lamela *2* este fixată și legată la contactul *b*. Lamela mobilă *3* este prinsă de lamela fixă *2* prin nitul fuzibil *6* și de lamela mobilă *4* prin piesa izolatoare *7*.

Cilindrul *5* este menținut în carcasă de lamela *4*, datorită poziției lui și a opritorului *8* aflat pe partea interioară a acestuia. În acest fel, între bornele *a* și *b* (legate la lamelele *2* și *3*) există continuitate electrică. Circuitul închis de bornele *a-b* se numește ***circuitul de veghe***, iar detectorul se spune că se află ***în stare de veghe*** (fig. 2.13, *a*). La creșterea temperaturii din încăpere (55 sau 75°C), datorită unui început de incendiu, aerul cald topește nitul fuzibil *6* și legătura dintre lamelele *2* și *3* se desface. Se întrerupe circuitul electric stabilit prin *a-b* și lamela *3* se deplasează spre stînga. O dată cu aceasta și lamela *4* se deplasează spre stînga (deoarece este legată de lamela *3* prin piesa *7*).

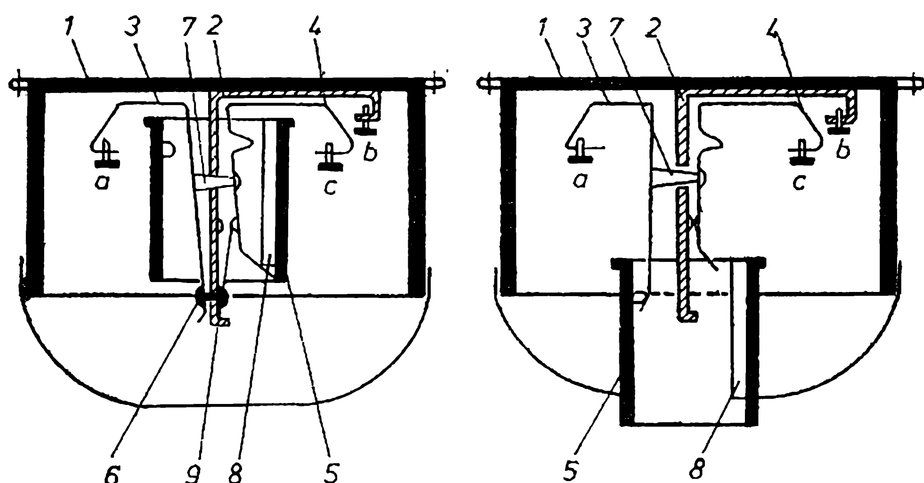


Fig. 2.13. Detector de temperatură cu fuzibil: *a* — în stare de veghe; *b* — după declanşare.

În felul acesta se eliberează cilindrul *5* care coboară, ieşind din cutia detectorului (este de culoare roşie pentru a fi uşor observat de la distanţă). Lamela *4*, în această nouă poziţie, închide contactele *9* dintrele lamele *2* şi *4*. Se închide astfel circuitul de avertizare prin bornele *b-c* (fig. 2.13, *b*). O dată cu declanşarea semnalelor acustice şi optice de apariţie a incendiului se poate declanşa şi o instalaţie de stingere a acestuia (cu apă, cu bioxid de carbon etc.). Cilindrul de culoare roşie *5*, ce iese din detector, permite identificarea rapidă a locului de unde s-a dat alarma. După înlăturarea pericolului, detectorul se pune din nou în stare de veghe prin introducerea cilindrului *5* în interiorul detectorului şi prin fixarea lamelelor *2* şi *3* cu un nou nit fuzibil.

Detectoarele de acest tip pot supraveghea fiecare o suprafaţă de aproximativ 10 m². Se amplasează pe plafonul încăperii, îngropat sau aparent pe acesta. Detectoarele sînt legate în serie, ca în figura 2.14. Se pot lega astfel pînă la 10 detectoare, formînd o buclă. Pe fiecare buclă se află cîte două relee: pe bucla *1* — releele *d1* şi *d2*, pe bucla *2* — releele *d1'* şi *d2'* etc. Cît timp detectoarele se află în stare de veghe, contactele *a-b* ale acestora sînt închise şi releele *d1*, *d1'* etc. sînt parcurse de curent. Acest curent poartă denumirea de *curent de lucru*. Dacă unul din detectoarele de pe bucla *1* a declanşat, contactul *a-b* al acestuia se deschide şi releul *d1* este scos de sub

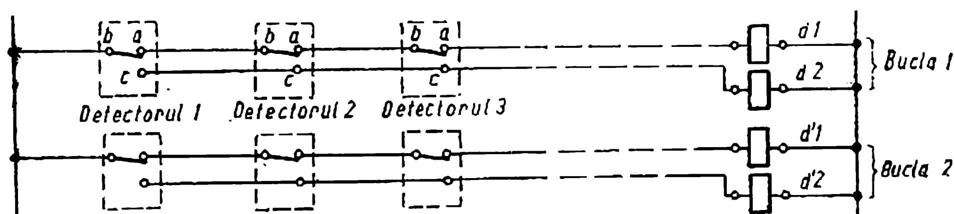


Fig. 2.14. Schema de legare a detectoarelor de temperatură cu fuzibil.

tensiune. Se închide contactul *b-c* punîndu-se sub tensiune releul *d2*. Analog se petrec lucrurile dacă declanşează un detector de pe altă buclă.

În figura 2.15 este arătată schema de semnalizare a incendiului. Astfel, în starea de veghe, releele *d1*, *d1'* etc. se află sub tensiune şi *d2*, *d2'* etc. nu sînt sub tensiune. Contactele normal închise *1d1* şi *2d1*, *1d1'* şi *2d1'* etc. sînt deschise (deoarece *d1*, *d1'* etc. sînt parcurse de curent — curentul de lucru). Dacă unul dintre detectoarele de pe bucla *1* a declanşat, este scos de sub tensiune releul *d1* şi pus sub tensiune releul *d2*. În acest moment contactele *1d1* şi *2d1* revin la poziţia închis, iar *1d2* şi *2d2* se închid. Liniile *1*, *9* şi *10* sînt parcurse de curent şi se realizează atît semnalizarea acustică prin hupa *h1*, cît şi cea optică prin lampa *h2* corespunzătoare buclei *1*. Pentru a înlătura semnalul acustic (supărător de regulă) se apasă pe butonul dublu *b1* care pune sub tensiune linia *2* şi scoate de sub tensiune linia *1*.

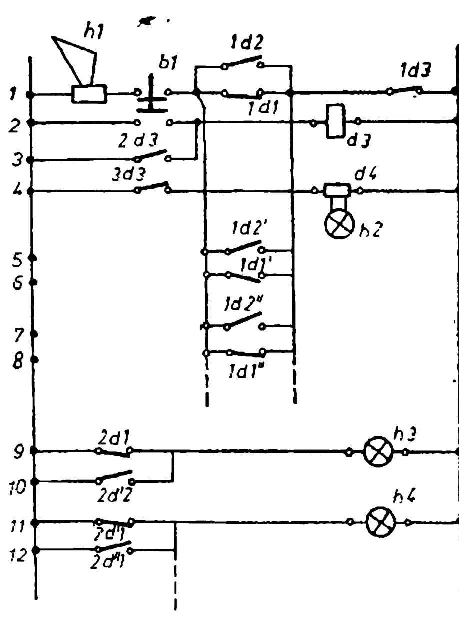


Fig. 2.15. **Schema de semnalizare a apariţiei incendiului, folosind detectoare de temperatură cu fuzibil.**

Pe linia *2* se află releul *d3* care desface contactul *1d3* şi închide contactele *2d3* şi *3d3*. Primul dintre acestea scoate de sub tensiune hupa după revenirea butonului *b1*, contactul *2d3* realizează automenţinerea releului *d3*, iar *3d3* pune sub tensiune linia *4*, punînd în funcţiune releul clipitor *d4* cu lampa *h2*. Cît timp detectorul este declanşat (pe bucla *1*), lămpile *h3* şi *h2* sînt în funcţiune. După stingerea incendiului, detectorul se readuce în starea de veghe, punînd din nou sub tensiune releul *d1* şi scoţîndu-l pe *d2*. Aceasta face ca lampa *h3* să se stingă. Lampa h_2 se stinge prin deblocarea manuală a releului *d3*. Analog se petrec lucrurile cînd declanşează un detector de pe altă buclă. Va semnaliza hupa şi lampa corespunzătoare buclei de supraveghere. Datorită curentului de lucru, instalaţia permite şi semnalizarea unor defecte ca: desfacerea unei legături electrice, ruperea unui conductor etc.

După cum rezultă, instalaţia de supraveghere (v. fig. 2.14) este permanent parcursă de curent (curentul de lucru), deci consumă energie electrică. Acest consum este justificat de importanţa bunurilor materiale ce trebuie ferite de un eventual incendiu.

C. INSTALAŢII ELECTROFONICE

Sub această denumire se înţeleg instalaţiile care servesc la transmiterea sunetului pe cale electrică şi anume:

— *instalaţiile de telefonie;*

— *instalaţiile de radioficare şi radioamplificare;*

— *instalaţiile de amplificare a sunetelor într-o încăpere de dimensiuni mari* (sonorizare) etc.

1. Instalaţii de telefonie

Postul telefonic (telefonul) este format dintr-un **microfon** (dispozitiv ce transformă undele acustice în semnale electrice pe care le transmite altui post (telefonic), şi un **difuzor** (care transformă semnalele electrice, primite de la un alt post, în unde acustice ce sînt percepute de urechea omului). Legătura electrică între două posturi telefonice se face prin intermediul unei **centrale telefonice.**

Centrala telefonică poate fi:

— **centrală de întreprindere** (manuală sau automată) care permite legătura numai între posturile telefonice din întreprindere;

— **centrala de oraş** care asigură legătura între două posturi telefonice aflate în afara întreprinderilor.

Pentru legătura între două posturi telefonice din două întreprinderi diferite este necesar să se apeleze atît la centralele de întreprindere, cît şi la centrala de oraş.

Echipamentele centralelor, ale posturilor telefonice şi ale reţelelor de legătură dintre acestea sînt executate, exploatate şi întreţinute de întreprinderi special profilate (întreprinderile din sectorul de telecomunicaţii).

Din punct de vedere al specialităţii de instalaţii, în cadrul acestora se execută tubulatura de protecţie a reţelelor de distribuţie din instalaţiile de telefonie. De exemplu, schema instalaţiei de telefonie dintr-o clădire de locuit (cu subsol, parter şi şapte etaje şi cu cîte cinci apartamente pe nivel) arată ca în figura 2.16. Pentru executarea instalaţiei de telefonie se prevăd:

— două firide * *F1* şi *F2* în zidărie în casa scării la etajele *1* şi *5*;

— două tuburi de protecţie *IPY* 35,4 mm (unul din acestea este de rezervă), montate îngropat în zidărie între firide şi între firida F_1 şi subsol pînă la ieşirea din fundaţie;

— tuburi de protecţie *IPY* 14 mm, montate îngropat în construcţie între firidă şi fiecare apartament;

— cîte două conducte telefonice *TY* 0,8 mm² montate în tuburile de protecţie dintre firide şi apartamente;

— cîte o regletă de cleme (pentru executarea legăturilor electrice) în fiecare din cele două firide.

Cablul telefonic conţine cîte două conductoare electrice pentru fiecare post telefonic. Acestea formează „o pereche" de conductoare şi sînt marcate identic (prin culoarea izolaţiei) pentru identificarea uşoară. Cablul telefonic pătrunde în clădire prin fundaţie,

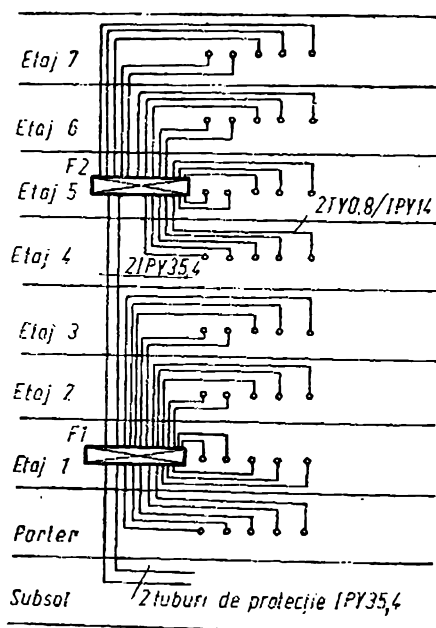
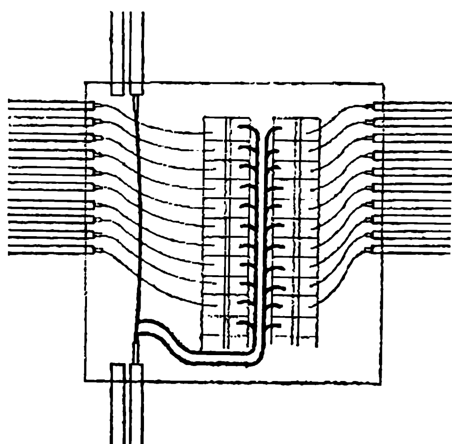


Fig. 2.16. Schema instalaţiei de telefonie dintr-o clădire de locuit.

* *Firidele* (în instalaţii electrice) sînt tablouri electrice mai simple (pe o placă izolatoare) montate într-un gol în construcţie.


Fig. 2.17. Schiță cu legăturile electrice din firida *F1*.

fiind protejat de tubul prevăzut special pentru aceasta. În firida *F1* cablul se desface: o parte din conductoare se leagă la conductele posturilor telefonice din apartamente prin intermediul regletei de cleme (fig. 2.17), restul conductoarelor formează un cablu de dimensiune mai mică care se introduce în tubul de protecție către firida *F2*.

Firidele telefonice se execută de două tipuri:

— de 600 × 600 × 100 mm³, în care se pot efectua legături pentru cel mult 22 de posturi telefonice;

— de 750 × 850 × 100 mm³ în care se pot efectua legături pentru cel mult 45 posturi telefonice.

În cazul instalațiilor de telefonie din întreprinderi există un cablu cu un număr mic de circuite, care leagă centrala orașului de centrala telefonică de întreprindere. De la centrala de întreprindere, distribuția către posturile telefonice se face ca în figura 2.16. Dacă posturile telefonice se găsesc la mare distanță unul de altul, se renunță la firidele telefonice și acestea se înlocuiesc cu reglete telefonice de dimensiuni mici, protejate în cutii de tablă. În aceste cazuri, de multe ori legătura de la regletă la postul telefonic se execută aparent, folosindu-se conducte din cupru cu izolație din cauciuc și manta din fire textile. Cele două conducte sînt împletite și se prind de zidărie sau tîmplărie cu cuie speciale (prevăzute cu două rondele din carton pentru fixarea conductelor).

2. Instalații de radioficare și radioamplificare

Aceste instalații au rolul de a realiza transmiterea programelor de radio sau a programelor unei stații proprii. Se apelează la amplificare ori de cîte ori semnalul captat este insuficient de puternic. Schema de principiu a unei astfel de instalații este arătată în figura 2.18. Principalele verigi dintr-o astfel de instalație sînt:

— **producerea sunetului,** care se poate realiza de către un radioreceptor 1, un microfon *2*, un magnetofon *3*, sau din pick-up *4*. Instalațiile sînt *de radioamplificare* cînd utilizează receptorul radio pentru producerea sunetului și *de amplificare* cînd sunetul este produs de celelalte aparate;

— **amplificarea sunetului,** care se realizează printr-o stație de amplificare 5. Pînă la 150 W se numesc *stații de mică putere*, iar peste această valoare se numesc *stații de mare putere*. În acest ultim caz, stația trebuie montată într-o încăpere special destinată, cu suprafața între 12 și 20 m²;

— **controlul sunetului emis de stația de amplificare,** care se face cu ajutorul unui difuzor *6*;

— **distribuția semnalului electric,** care se face prin intermediul unor coloane electrice *7*, unor firide de distribuție *8* și unor circuite electrice *9*. Coloanele electrice și circuitele se execută din două conducte *AFY* 2,5 mm² sau

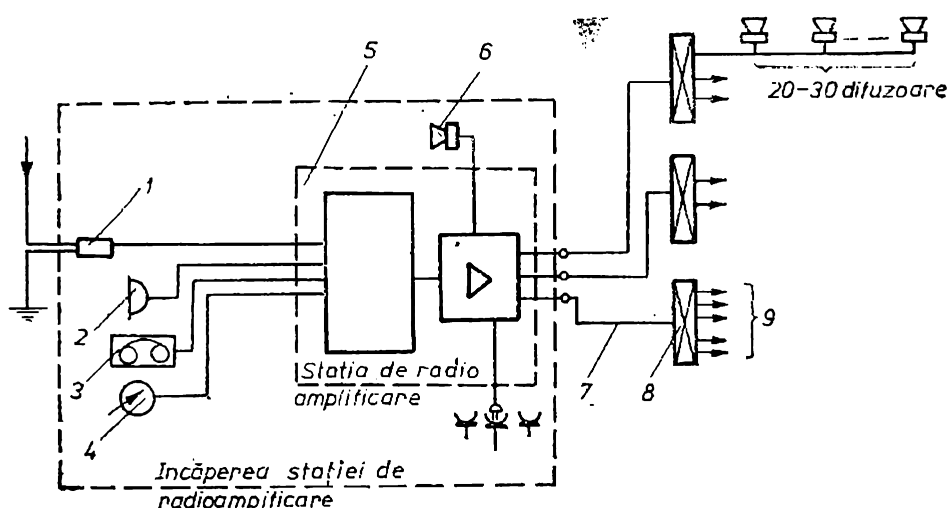


Fig. 2.18. Schema de principiu a unei instalații de radioamplificare.

TY 1 mm², montate în tub *IPY* (cînd acesta se îngroapă în construcție) sau *PEL* (cînd se execută aparent). Firidele sînt asemănătoare cu cele de telefonie, dar de dimensiuni mai mici: 380 × 180 × 185 (în mm);

— **redarea semnalului acustic**, prin transformarea semnalului electric în difuzoarele electrice *10*. Pe un circuit electric se pot monta pînă la 20—30 difuzoare în paralel. Racordarea difuzoarelor se face la o priză specială *(priză pentru difuzor)*, cu un cordon electric prevăzut cu fișă.

Instalațiile de sonorizare a încăperilor de dimensiuni mari (săli de spectacole, amfiteatre, săli de sport etc.) constau în principiu din aceleași părți componente, cu particularitatea că poziția difuzoarelor este determinată de un calcul complex ce ține seama de:

— forma geometrică a încăperii;

— finisajul pereților și plafonului;

— volumul sălii;

— natura sunetului ce trebuie reprodus (vorbire, muzică etc.).

D. INSTALAȚII DE CEASURI ELECTRICE

Aceste instalații permit indicarea orei exacte în locurile unde este deosebit de important pentru buna desfășurare a activității: gări, aeroporturi, întreprinderi industriale, clădiri social-administrative etc.

Instalațiile de acest fel se compun din:

— **ceasul principal;**

— **ceasurile secundare;**

— **conductele de legătură între acestea și ceasul principal.**

Ceasul principal emite la intervale de timp regulate (o secundă, un minut etc.) impulsuri electrice ce sînt transmise ceasurilor secundare. La un ceas principal pot fi racordate pînă la 70 ceasuri secundare. Peste acest număr este necesar să se folosească și o centrală de ceasuri cu rolul de a amplifica

semnalul ceasului principal. Ceasul principal este de regulă un ceas cu pendul, acționat electric (și cu o rezervă mecanică de mers normal pentru 12 ore cînd alimentarea electrică nu funcționează).

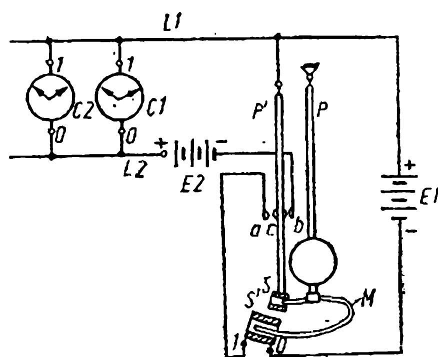


Fig. 2.19. **Principiul de funcționare al pendulului ceasului principal, acționat electric.**

În figura 2.19 este reprezentată schița unui astfel de pendul. Este format dintr-un pendul principal greu *P* și un pendul mult mai ușor *P'*. De acesta din urmă este suspendată bobina *S* aflată în scurtcircuit. De pendulul greu *P* este prins magnetul permanent *M* care intră cu unul din capete în bobina *S* și cu celălalt în bobina *S'*. Un capăt al înfășurării bobinei *S'* este legat la contactul *a*, iar cel de al doilea la borna (—) a bateriei *E1*. Pe pendulul *P'* se află contactul dublu *C* ce poate atinge contactele *a* și *b*. Contactul *b* este legat la borna (—) a bateriei *E2*. Ceasurile secundare sînt legate în paralel pe liniile *L1* și *L2* care sînt la rîndul lor legate la bornele (+) ale bateriilor *E1* și respectiv *E2*. La deplasarea pendului *P* spre strînga, polii magnetului *M* intră în bobinele *S* și *S'*. În bobina *S* se induce o tensiune electromotoare și prin ea va circula un curent care va crea un flux magnetic ce va tinde să respingă magnetul *M*. Acesta își continuă însă cursa datorită inerției și face ca bobina *S* să se deplaseze spre stînga, antrenînd și pendulul *P'*. Se închide astfel contactul *a-c*, stabilindu-se circuitul de alimentare a bobinei *S'*: $+ E_1$; brațul pendului *P'*, contactul *a-c*, bobina *S'*, $- E_1$. Fluxul magnetic datorat variației de curent din bobina *S'* face ca magnetul *M* să fie atras în interiorul acesteia, deplasîndu-se în continuare spre stînga, spre punctul de elongație maximă. În acest timp, curentul din bobina *S* scade și ajunge la zero cînd pendulul *P* a atins punctul de echilibru. Începe mișcarea pendulului *P* și a magnetului *M* în sens invers spre dreapta. În bobina *S* se induce un curent al cărui cîmp magnetic face să deplaseze bobina *S* spre dreapta, după magnetul *M*, antrenînd și pendulul *P'*. Aceasta face să se închidă contactul *b-c* și să se stabilească circuitul: + *E2*, linia *L2*, ceasurile secundare *C1*, *C2*, . . . , linia *L1*, brațul pendulului *P'*, contactul *bC*, — *E2*. În felul acesta ceasurile secundare primesc un impuls electric care asigură deplasarea indicatoarelor orare. Aceasta se realizează cu un dispozitiv electromagnetic cuplat printr-un șurub melc cu roțile dințate ale mecanismului celor două limbi indicatoare.

Din figura 2.19 se poate deduce și modul de legare a ceasurilor secundare. În practică, acestea se leagă ca în figura 2.20, pentru ca traseele de la ceasul principal la fiecare din ceasurile secundare să fie aproximativ egale.

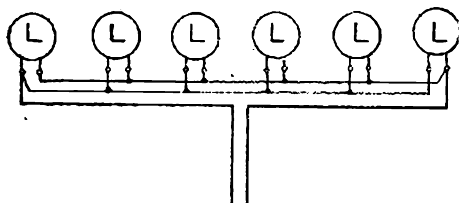


Fig. 2.20. **Modul de legare a ceasurilor secundare.**

Conductele de legătură se calculează astfel încît pierderea de tensiune pînă la cel mai depărtat ceas să nu depășească 10% din tensiunea nominală care poate fi 12 V, 24 V, 32 V, 60 V. De regulă, se utilizează conductele *AFY* 2,5 mm².

E. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR DE CURENȚI SLABI

În general, instalațiile de curenți slabi sînt parcurse de curenți mici. De aceea și secțiunea conductelor și dimensiunile aparatelor de acționare sau protecție sînt mici. Aceasta face ca instalațiile de curenți slabi să fie ușor înglobate în elementele de construcții, iar atunci cînd se execută aparent, nu ridică probleme deosebite pentru amplasarea lor.

● În timpul **exploatării** se va urmări ca instalația să-și îndeplinească întocmai rolul funcțional. Pentru acesta se va căuta să se respecte pe tot timpul exploatării:

— parametrii nominali ai surselor de alimentare, în special ai bateriilor de acumulatoare. Periodic, se va măsura tensiunea elementelor din bateria de acumulatoare și, dacă valoarea acesteia scade sub valoarea prescrisă, bateria se reîncarcă;

— utilizarea instalației în scopul pentru care a fost proiectată. Orice modificare a acesteia să se facă numai cu acordul proiectantului de specialitate;

— manevrarea corectă a aparatelor de acționare, de comutare;

— scoaterea de sub tensiune a instalației la apariția unei defecțiuni, a unei funcționări anormale etc.

Simplitatea și robustețea instalațiilor de curenți slabi ușurează mult sarcina personalului de exploatare.

● **Întreținerea** instalațiilor de curenți slabi presupune adoptarea tuturor măsurilor tehnice și organizatorice, astfel ca acestea să fie exploatate tot timpul cît mai aproape de parametrii lor nominali. Cele mai importante dintre aceste **măsuri** (generale) sînt:

— *controlul periodic al bunei funcționări a instalației*, mai ales la instalațiile de avertizare, care intră în funcțiune la intervale mari de timp (instalațiile de avertizare a depășirii temperaturii, presiunii etc.). Pentru acestea se simulează atingerea situației anormale și se verifică dacă instalația realizează corect avertizarea. Pentru celelalte instalații, supravegherea curentă din timpul exploatării este suficientă;

— *verificarea periodică a integrității aparatelor din instalațiile de curenți slabi*. Se verifică prinderea aparatelor pe soclul de montaj și integritatea carcaselor aparatelor. Acolo unde se constată că aparatele nu sînt bine fixate, se reface prinderea. Dacă aparatele sînt deteriorate datorită lovirii, sau datorită efectului curentului electric (supraîncălzire, scurtcircuit), acestea se înlocuiesc;

— *verificarea execuției legăturilor electrice la bornele aparatelor*: unde se constată slăbirea legăturii, se strîng șuruburile de fixare.

Măsurile de mai sus sînt măsuri generale ce se pot lua pentru întreținerea oricărei instalații de curenți slabi. Cum însă aceste instalații se deosebesc foarte mult între ele atît constructiv, cît și funcțional, se vor adopta și măsuri specifice întreținerii fiecăreia dintre ele.

În cazul unei instalații de semnalizare a incendiului se adoptă măsuri (specifice) pentru:

— *verificarea detectoarelor;*

— *verificarea centralei;*

— *verificarea de legătură;*

— *verificarea generală a întregii instalații.*

Detectoarele sînt supuse unui test de bază și unuia de încercare. În cadrul textului de bază se verifică comportarea detectorului la diferite influențe ale mediului ca: umiditatea, coroziunea, trepidațiile, variația tensiunii de alimentare. În cadrul testului de încercare detectorul este supus (în laborator) la solicitări reale de incendiu (incendiu deschis, incendiu mocnit, incendiu cu degajare puternică de fum, incendiu cu degajare puternică de căldură și incendiu de lichide combustibile). Aceste teste se efectuează atît la punerea în funcțiune, cît și în cadrul unor controale periodice de întreținere. Ele nu trebuie subapreciate, mai ales datorită faptului că aceste instalații intră rar în funcțiune și atunci trebuie să funcționeze ireproșabil.

Centrala este supusă unor verificări periodice care constau în:

— măsurarea tensiunii la baterie și pe fiecare linie de avertizare;
— verificarea funcționării lămpilor de semnalizare;
— verificarea alarmei sonore.

Cele mai multe defecte apar la baterie datorită descărcării ei în timp. De aceea centrala mai conține instalații de semnalizare care pun în evidență eventualele defecte ce apar la instalația de semnalizare a incendiului.

Verificarea circuitelor de legătură se execută pentru fiecare detector în parte, la darea în funcțiune și prin sondaj la o parte din acestea, în timpul controalelor periodice.

Verificările întregii instalații se fac simulînd o serie de defecte posibile în instalație și urmărind modul de semnalizare a acestora în centrală. Dacă toate semnalizările sînt corecte, instalația se află în bună stare. Semnalizările incorecte dau indicații asupra părților din instalație ce nu funcționează corect. Toate aceste părți din instalație sînt supuse unui control atent și reparate.

Întreprindereile producătoare elaborează pentru fiecare tip de instalație de curenți slabi caiete de sarcini specifice. Acestea trebuie bine însușite și respectate de către personalul de exploatare.

Capitolul 3

STAŢII DE REDRESARE ŞI DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

A. INSTALAŢII INDUSTRIALE DE REDRESARE A CURENTULUI ALTERNATIV

Consumatorii care folosesc energie electrică sub formă de curent continuu sînt în continuă creştere, o dată cu dezvoltarea economiei naţionale.

Principalii consumatori în c.c., pe ramuri economice sînt:

— **în tracţiunea electrică:**

— troleibuzele (firobuze);

— tramvaiele;

— metroul;

— vehiculele electrice din incinte industriale (electrocare, electrostivuitoare);

— **în industrie:**

— motoarele electrice de c.c. de antrenare a mecanismelor de deplasare şi rotire;

— instalaţii de electroliză;

— instalaţii galvanotehnice;

— instalaţii electrometalurgice;

— filtrele electrice pentru desprăfuitoare;

— instalaţii de sudare electrică în c.c.;

— baterii de acumulatoare electrice;

— instalaţii de iluminat de siguranţă;

— instalaţii de comenzi şi semnalizări;

— acţionările în c.c. şi automatizările proceselor industriale etc.

La scară industrială, obţinerea curentului continuu se face prin staţii de redresare, care formează fie unităţi independente (substaţiile de redresare din tracţiunea urbană), fie unităţi încorporate în spaţiile clădirilor din perimetrul întreprinderilor.

Principalele elemente componente ale unei staţii sînt date în figura 3.1. Staţia de redresare este racordată într-un nod consumator al sistemului (adică pe barele colectoare ale unei staţii electrice) la tensiunea medie de 6 ... 20 kV. Pentru reducerea tensiunii, precum şi pentru obţinerea unui număr mai mare de faze decît trei, corespunzătoare sistemului electric, se folosesc grupuri de transformatoare trifazate, cu conexiunile indicate în figura 2.2.

Acestea alimentează cu un număr n de faze (3, 6, 12 etc.) *dispozitivele redresoare* care sînt constituite din: elemente redresoare, instalaţii de comandă (la cele comandabile), instalaţii de excitaţie (la unele tipuri) şi instalaţii de răcire (în special la cele cu vapori de mercur). În unele cazuri, deoarece forma

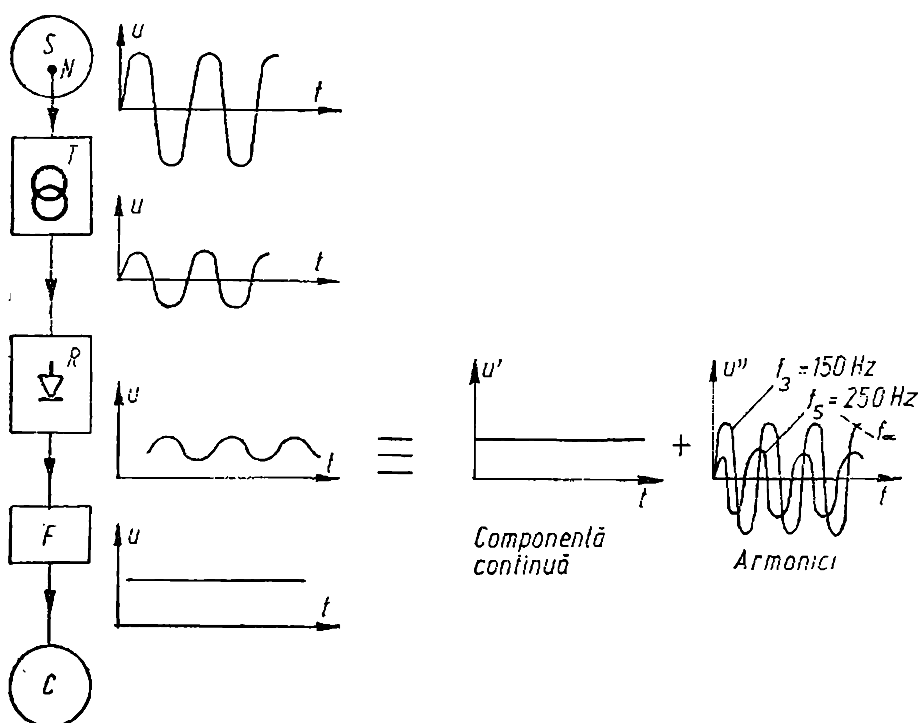


Fig. 3.1. **Schema bloc a unei stații de redresare:** *S* — sistem electric; *N* — nodul consumator (barele colectoare ale stației electrice); *T* — transformator trifazat; *R* — redresor; *F* — filtru electric; *C* — receptor de c.c.

tensiunii redresate obținută la bornele elementelor redresoare este pulsatorie și nu satisface cerințele unor tipuri de receptoare de c.c., se introduc filtrele de netezire, pentru a reduce sub o anumită limită componenta alternativă a tensiunii redresate.

Elementele redresoare sînt conectate de regulă în punți (mono, tri sau *m*-fazate) după tipul transformatorului ales (v. fig. 3.2).

1. Tipuri de elemente redresoare

Redresorul face parte din familia mutatoarelor *, prin care energia electrică de c.a. de frecvență f se transformă în energie electrică de c.c. ($f = 0$).

Elementele redresoare utilizate azi se pot grupa în două mari categorii:

— **cu tuburi:**
— dioda cu vid (kenotronul);
— dioda cu gaz (gazotronul);
— trioda cu gaz (tiratronul);
— tubul cu vapori de mercur ⟨ polianodic; monoanodic (ignitronul, excitronul);

* **Mutatorul** este un dispozitiv care transformă energia electrică de o anumită formă a tensiunii și curentului, în energie electrică de altă formă, fără ca în procesul acestei transformări să intervină o fază intermediară de transformare în energie de altă natură.

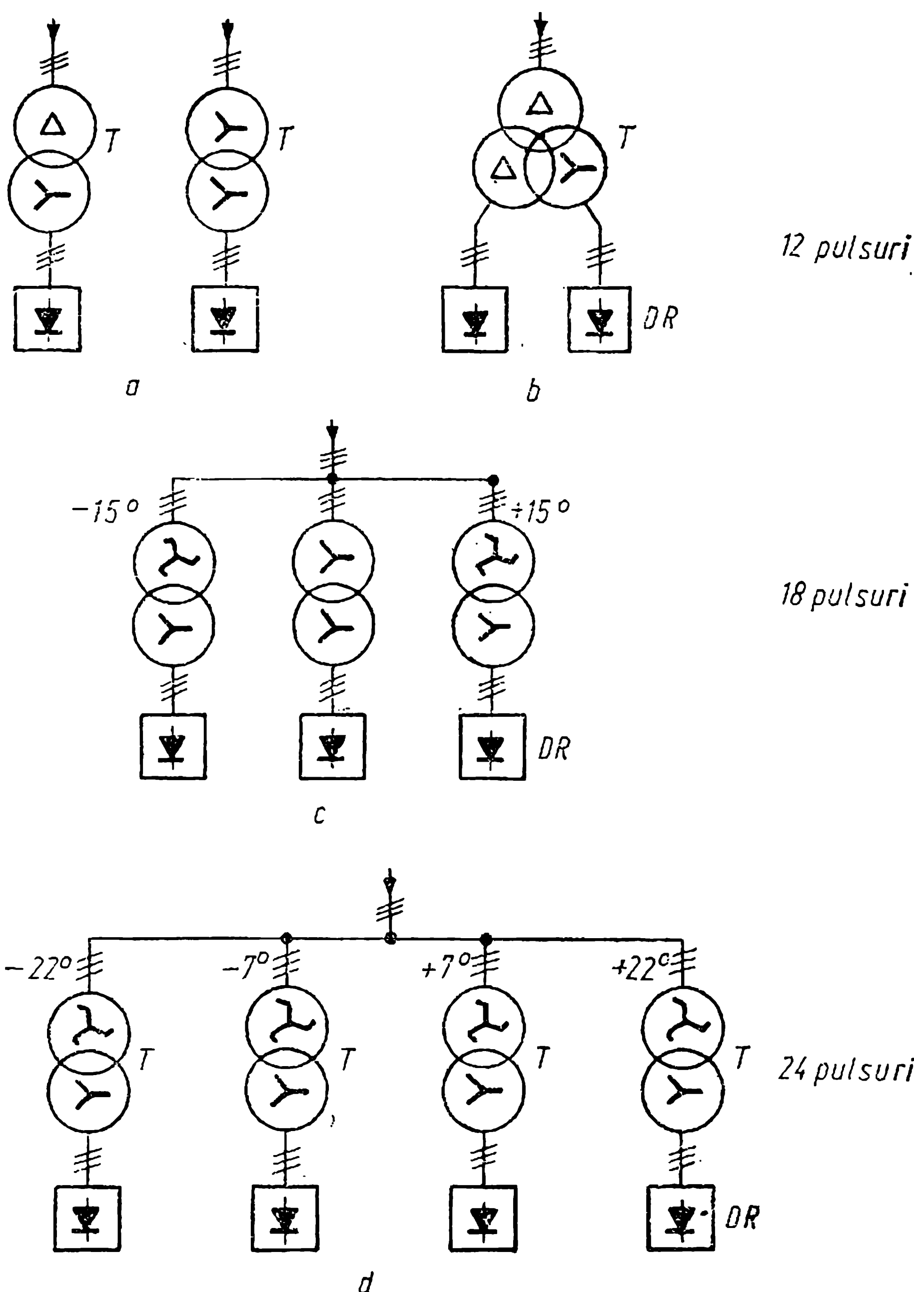


Fig. 3.2. **Conexiunile practice în blocul transformator-redresor:** *a* — transformator trifazat cu două înfăşurări; *b* — transformator trifazat cu trei înfăşurări; *c* — grup de trei transformatoare trifazate cu două înfăşurări; *d* — grup de patru transformatoare trifazate cu două înfăşurări; *T* — transformator coboritor; *DR* — dispozitiv de redresare în punte.

— **cu semiconductoare:**
— ventil cu cuprosid;
— dioda cu seleniu;
— dioda cu germaniu;
— dioda cu siliciu;
— tiristorul.

În trecut, pentru redresare se utilizau mașini și grupuri de mașini electrice rotative (mașina comutatoare, grupul convertizor). Astăzi, datorită performanțelor ridicate dobîndite de diodele cu siliciu și de tiristoare (densitatea de curent 100 A/cm², tensiunea inversă maximă 5 000 V, temperatura de lucru maximă 200°C, randamentul 99%), acestea tind să înlocuiască instalațiile de redresare dotate cu elemente în mișcare *.

Fenomenul redresării este bazat pe caracteristica statică tensiune-curent a elementului redresor. Din acest punct de vedere se disting trei tipuri de caracteristici statice în care pot fi grupate toate elementele redresoare. Ele sînt redate în figura 3.3, atît în forma reală, cît și în cea idealizată ($i_a = 0$

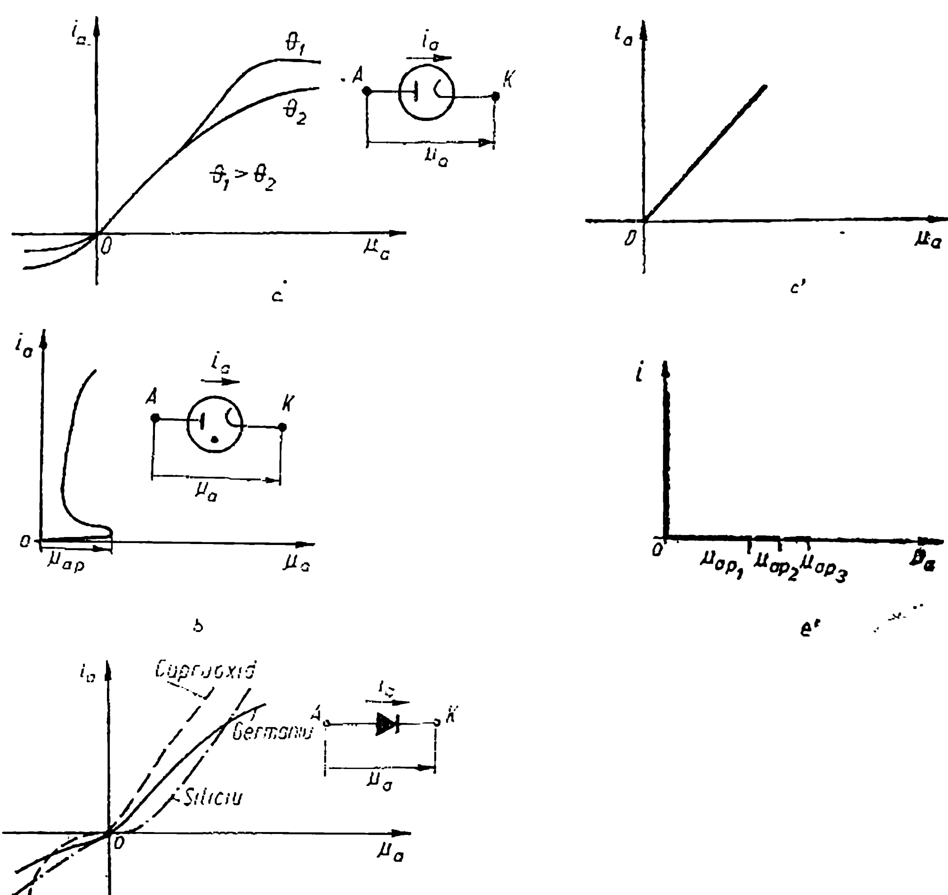


Fig. 3.3. **Caracteristicile statice ale elementelor redresoare:** *a* — dioda cu vid (reală); *a'* — dioda cu vid (idealizată); *b* — dioda cu gaz (reală); *b'* — dioda cu gaz (idealizată); *c* — dioda cu semiconductoare (reală); *c'* — dioda cu semiconductoare (idealizată);

* Descrierea elementelor redresoare, precum și teoria redresării se studiază la disciplinele „Fizică" și „Electrotehnică".

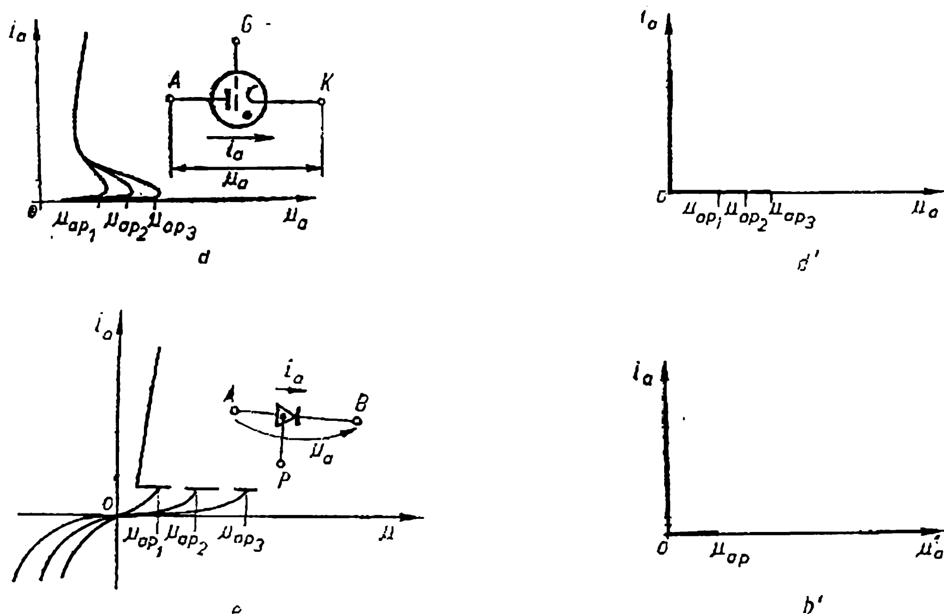


Fig. 3.3. *d* — tiratronul (reală); *d'* — tiratronul (idealizată); *e* — tiristorul (reală); *e'* — tiristorul (idealizată).

pentru $u_a < 0$ și rezistența elementului redresor în sensul conducției egală cu zero). De remarcat la tiratron și tiristor (elemente redresoare cu trei electrozi) că rolul grilei de comandă este limitat numai la aprindere (intrarea în conducție), stingerea (ieșirea din conducție) făcîndu-se în mod natural, cînd curentul anodic i_a devine nul.

2. Particularitățile redresării la scară industrială

Fenomenul redresării studiat la disciplinele „Fizică" și „Electrotehnică" a fost prezentat în ipoteze simplificatoare (redresarea mono și dublă alternanță, tensiunea aplicată sinusoidală, sarcină rezistivă, inductivă sau capacitivă, redresor necomandabil, circuit monofazat).

În situația reală din stațiile de redresare, fenomenul redresării este mai complicat, deoarece trebuie luați în considerare următorii factori ce-l influențează:

— impedanțele transformatoarelor coborîtoare și impedanța sistemului electric;

— sarcina de c.c. a redresorului care este constituită de regulă din rezistența R, inductivitatea L și o t.e.m. (fie a unui motor de c.c., fie a bateriei de acumulatoare puse la încărcat);

— elementele de comandă a aprinderii, care introduc noțiunea de unghi de aprindere ($\alpha_a = \omega t_a$), în care t_a reprezintă timpul ce se scurge din momentul cînd tensiunea la bornele elementului redresor trece prin zero în sens pozitiv și momentul cînd grila sau poarta (în cazul tiristorului) primesc impulsul de comandă (aprindere);

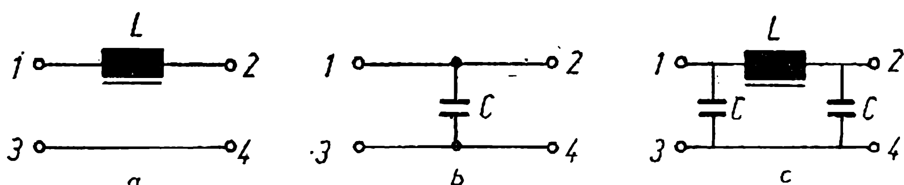


Fig. 3.4. Filtre electrice:
a — cu inductanță; *b* — cu capacitate; *c* — filtru complex.

— montajele în punte trifazată simplă sau în conexiuni serie sau paralel a mai multor punți trifazate, alimentate separat prin diverse secundare ale transformatoarelor coborîtoare ce introduc defazaje ale tensiunilor aplicate montajelor;

— nelinearitatea caracteristicilor elementelor redresoare.

De aceea atît tensiunea cît și curentul la bornele consumatorului de c.c. au o formă ondulatorie, cu atît mai pronunțată cu cît numărul de pulsuri este mai mic (puntea *m*-fazată are $2m$ pulsuri).

Teoretic, se demonstrează că o astfel de funcție de timp, reprezentînd curentul sau tensiunea, se poate descompune pe o perioadă $T = \frac{2\pi}{\omega}$ într-o componentă de curent continuu (valoarea medie a funcției pe o perioadă) și o multitudine de sinusoide cu o frecvență nf_0, unde f_0 este frecvența tensiunii sinusoidale aplicate montajului (50 Hz la noi în țară), iar $n = 2, 3, 4, \ldots \infty$ (v. fig. 3.1).

Acestea poartă denumirea de *armonici de ordinul n* (fie ale curentului, fie ale tensiunii). Pentru eliminarea lor și reținerea numai a componentei de c.c., în anumite cazuri, se utilizează filtre, compuse din condensatoare și bobine, cum se arată în figura 3.4.

Privită dinspre rețeaua electrică de c.a. ce o alimentează, stația de redresare poate fi considerată ca un *consumator* pe frecvența de 50 Hz și ca un *generator* pe frecvența armonicilor apărute în procesul redresării și pe care le debitează în rețeaua de alimentare care devine astfel *poluată cu armonici*. Ele deranjează funcționarea normală a rețelei (supraîncălziri, apariția unor rezonanțe electrice de curent, mărirea pierderilor în componentele rețelei electrice etc.) și de aceea trebuie să se ia măsuri de atenuare a lor (folosirea de filtre de armonici, folosirea transformatoarelor cu conexiuni și caracteristici tehnice speciale, mărirea numărului de pulsuri etc.).

3. Echipamentul electric al stației de redresare

O stație de redresare dotată cu elemente semiconductoare (cele mai utilizate astăzi) se compune din una sau mai multe unități de redresare, cu transformatoarele respective și aparatura de comutație, protecție, comandă și reglare a tensiunii.

Un echipament de redresare constă dintr-un dulap redresor, răcit cu aer sau cu apă și un transformator răcit cu ulei, în construcție de interior sau exterior, legate între ele prin bare.

Instalațiile de redresare de puteri mai mici, sub 100 kW, se realizează în general cu transformatoare de tip uscat, montate în același dulap cu redresorul.

Pentru puteri mari și medii se folosește *sistemul monobloc*, adică un ansamblu transformator-redresor în construcție de exterior, care prezintă următoarele avantaje: nu ocupă un spațiu mare, nu necesită fundații pentru două agregate, barele de legătură sînt de lungimi mici, iar răcirea elementului redresor se face cu ajutorul uleiului din cuva transformatorului. În figura 3.5 este arătat un tip în construcție monobloc cu caracteristicile $I_{cc} = 18$ kA; $U_{cc} = 150$ V.

La adoptarea soluției constructive a unei stații de redresare trebuie să se țină seamă de următoarele considerente:

— obținerea unei puteri redresate maxime într-un volum și cu o greutate a redresorului minime;

— asigurarea încărcării uniforme a redresoarelor ce funcționează în paralel;

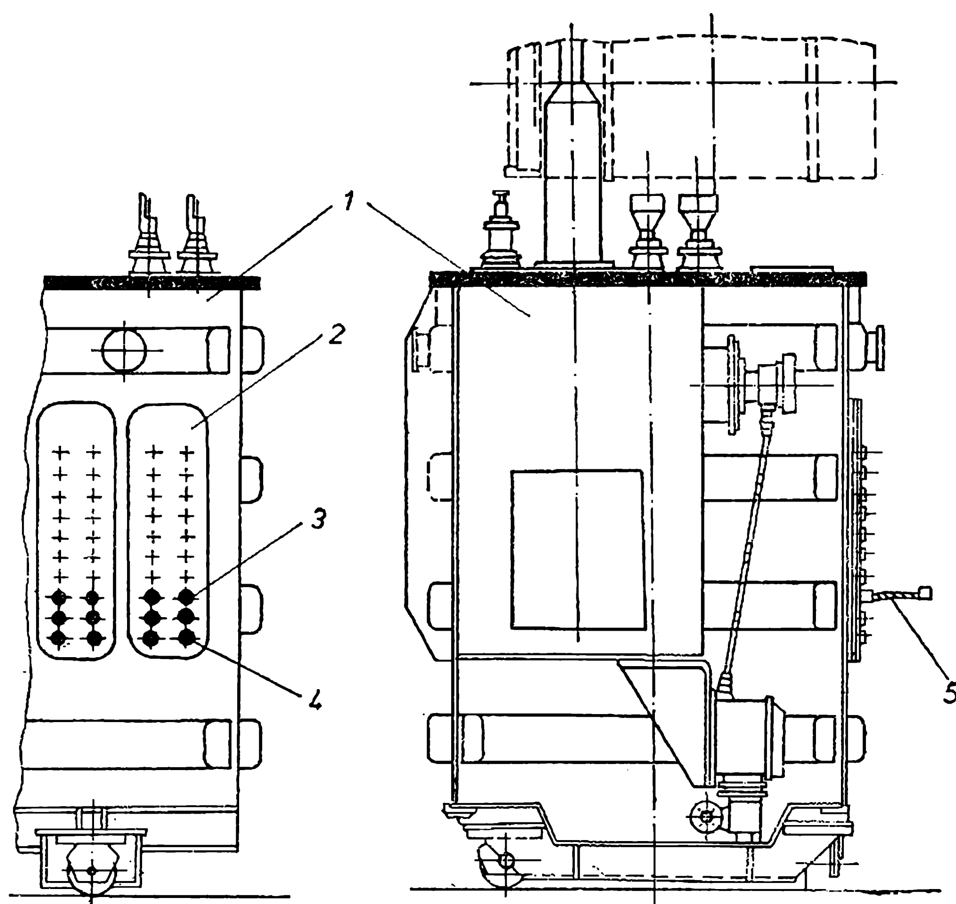


Fig. 3.5. **Exemplu de construcție bloc transformator-redresor:**

— redresor; 2 — plăci de cupru izolate; 3, 5 — celule redresoare; 4 — locurile de înșurubare a celulelor redresoare.

— asigurarea evacuării căldurii datorată pierderilor (de menționat că pierderile la transformatoarele ce alimentează redresoare sînt mai mari decît la celelalte tipuri obișnuite);

— protejarea echipamentului împotriva prafului sau agenților corosivi;

— asigurarea stabilității electrodinamice și termice a echipamentului în regimuri de scurtcircuit în instalații;

— accesul ușor la echipamente, care să permită o înlocuire rapidă în timpul exploatării;

— necesitatea unei supravegheri minime în exploatare;

— adoptarea unor soluții constructive cu elemente modulare, cu care să se realizeze variante constructive.

Pentru exemplificare, în figura 3.6 se arată schema electrică a unei stații de redresare de tip industrial cu $U_{cc} = 250$ V și $I_{cc} = 160$ kA, iar în figura 3.7 se arată dispunerea echipamentului electric în interiorul stației.

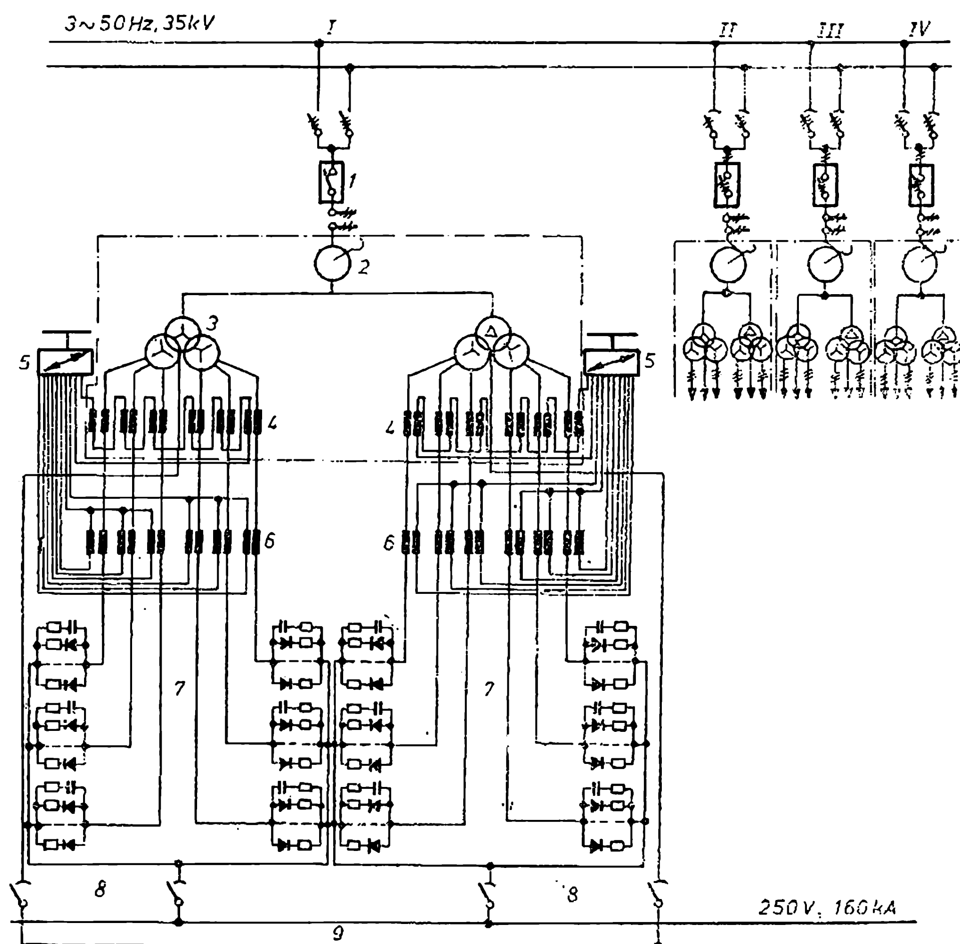


Fig. 3.6. Exemplu de schemă electrică a unei stații de redresare:

1 — întreruptor înaltă tensiune; 2 — autotransformator de reglaj cu comutatorul în trepte; 3 — transformatorul de alimentare; 4 — transductoare de sarcină; 5 — dispozitiv reglaj curent; 6 — traductoare de curent; 7 — redresor cu siliciu; 8 — separatoare de c.c.; 9 — bare de c.c.

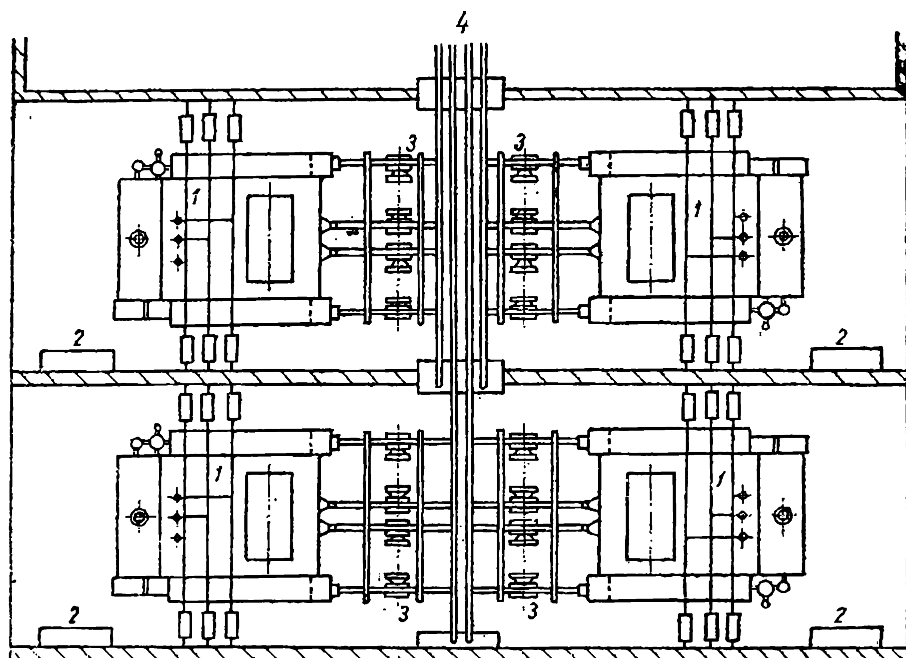


Fig. 3.7. Dispunerea echipamentului electric al stației de redresare:
1 — transformatorul de alimentare; 2 — dispozitiv de reglaj al curentului; 3 — separatoare de c.c.; 4 — bare de c.c.

B. INSTALAȚII DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

În cadrul întreprinderilor industriale, există instalații de redresare a c.a. la diverse trepte de tensiuni continue (24, 48, 110, 220 V în funcție de tensiunile nominale ale receptoarelor), în scopul încărcării bateriilor de acumulatoare staționare și a celor transportabile (electrocare, electrostivuitoare etc.).

În cazul tipului staționar, redresorul funcționează în regim de încărcare permanentă, conform schemei electrice din figura 3.8. Redresorul folosit este de tipul cu semiconductoare, în montaj punte trifazată, alimentat din rețeaua de joasă tensiune a consumatorului, prin intermediul unui transformator, prin ale cărui prize se reglează și tensiunea pe partea de c.c în anumite limite, cu ajutorul comutatorului cu ploturi.

Bateria de acumulatoare electrice, rezultată prin legarea mai multor elemente în serie pentru a se ajunge la tensiunea dorită, este fie de tipul cu plăci de plumb, fie alcalin.

1. Acumulatoarele cu plăci de plumb

● **Construcție.** Un acumulator cu plăci de plumb se compune din: doi electrozi, un electrolit și vasul în care aceștia sînt așezați, denumit *bac*.

Fiecare electrod, pozitiv sau negativ, este alcătuit din mai multe plăci de plumb legate în paralel și distanțate între ele prin separatoare, constituite din foi de ebonită, materiale sintetice sau planșete din lemn.

Printr-o prelucrare specială, denumită *formare*, plăcile de plumb ale electrodului pozitiv sînt transformate în dioxid de plumb (PbO_2), de culoare

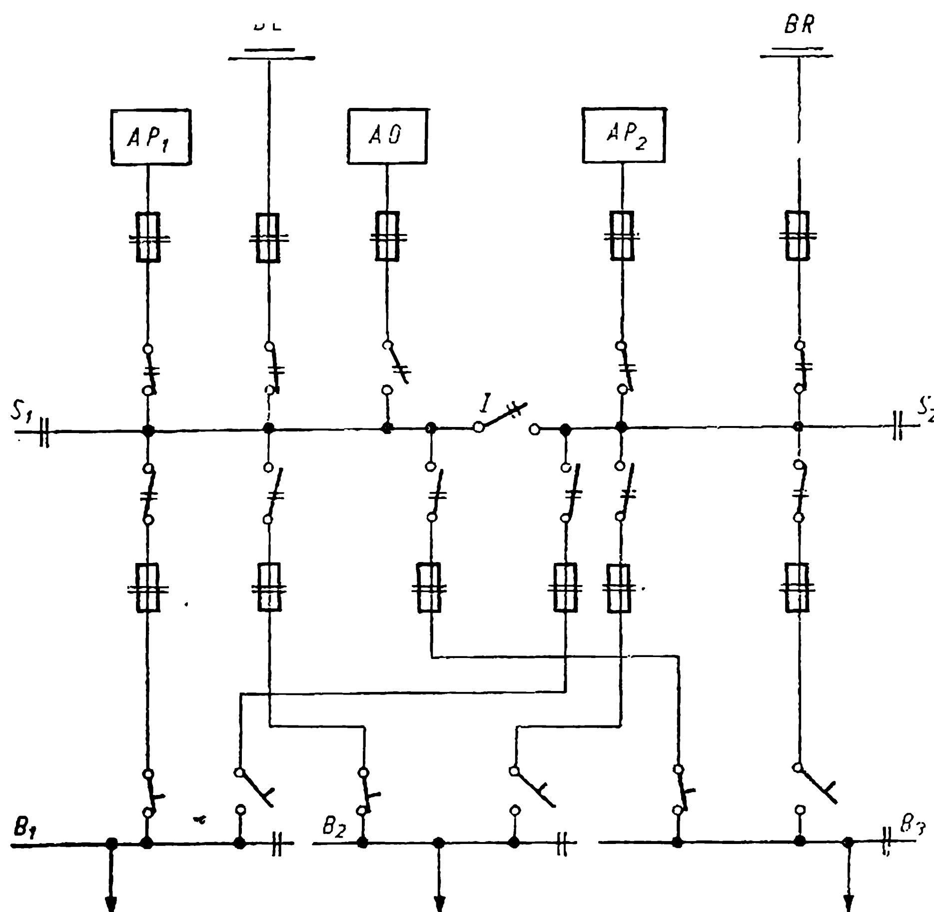


Fig. 3.8. **Schema electrică de încărcare a acumulatoarelor electrice de tip staționar:**

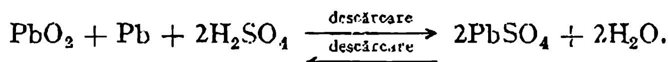
AP_1, AP_2 redresor de încărcare permanentă; *AO* — redresor de încărcare ocazională; S_1, S_2 — sisteme de bare c.c. (generale); B_1, B_2, B_3 — sisteme de bare de c.c. (consumatori); *BL* — baterie de acumulatoare în funcțiune; *BR* — baterie de acumulatoare în rezervă; *I* — întreruptor.

cafenie, iar cele ale electrodului negativ în plumb spongios (poros) de culoare cenușie-deschisă.

Electrolitul este o soluție de acid sulfuric pur (H_2SO_4) și apă distilată. Raportul dintre ele se stabilește funcție de greutatea specifică indicată de fabrică (de obicei 1,21 g/cm³ pentru acumulatoare de tip staționar, la temperatura de + 15°C, ceea ce revine la 346 g/l de H_2SO_4).

● **Principiul de funcționare al acumulatorului cu plăci de plumb** este următorul: energia electrică de curent continuu este înmagazinată în acumulator sub formă de energie chimică în timpul încărcării printr-un proces electrochimic care are loc în acumulator și restituită în timpul descărcării, prin procesul electrochimic reversibil.

Teoria dublei sulfatări conduce la următoarea reacţie chimică totală din acumulator:



$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{descărcare}}{\overset{\text{descărcare}}{\rightleftarrows}} 2PbSO_4 + 2H_2O.$$

Cu alte cuvinte, prin descărcare, atît dioxidul de plumb cît şi plumbul spongios se transformă în sulfat de plumb, iar la reîncărcare, materiile active ale acumulatoarelor revin în starea iniţială, trecînd din nou în dioxid de plumb la electrodul pozitiv şi în plumb spongios la electrodul negativ.

Din reacţia de mai sus, se mai constată că la descărcare, în locul acidului sulfuric, în electrolit apare apa, ceea ce face ca *densitatea electrolitului să scadă*. La încărcare, din cauza consumului moleculelor de apă şi a reformării acidului sulfuric, *densitatea electrolitului creşte*. Această variaţie a densităţii electrolitului în timpul descărcării şi încărcării serveşte, în timpul exploatării, la determinarea stării de descărcare sau de încărcare a acumulatorului (limitele sînt indicate de fabrică).

Reacţiile electrochimice din acumulator sînt însoţite de schimb de căldură cu exteriorul: la descărcare se absoarbe din mediul înconjurător o anumită cantitate de căldură, iar la încărcare se degajă această cantitate de căldură.

De asemenea, în timpul încărcării se produc scăpări de ioni de hidrogen (H) în mediul înconjurător, ceea ce obligă la măsuri speciale în proiectarea şi exploatarea spaţiului în care sînt instalate bateriile de acumulatoare (încăperea să fie separată printr-un spaţiu tampon de restul instalaţiilor, să fie ventilată, pereţii, podelele şi ferestrele să fie vopsite antiacid, instalaţia de iluminat să fie antiexplozivă etc.).

● **Tipuri de acumulatoare cu plăci de plumb.** Acumulatoarele cu plăci de plumb de tip staţionar sînt de două categorii:

— *acumulatoare pentru descărcări mijlocii şi lente*, notate cu L, folosite în cazul cînd descărcările se fac în timp de 3—10 h;

— *acumulatoare pentru descărcări rapide*, notate cu Ls, folosite şi la regimuri de descărcare cuprinse între 1—2 h.

Fiecare categorie este urmată, în notaţii, de un număr cuprins între 1 şi 124, care reprezintă multiplul capacităţii şi curenţilor de descărcare şi încărcare a tipului notat cu cifra *1* (L_1 sau L_1). De exemplu: capacitatea şi curentul de descărcare a tipului Ls_1 la regimul de descărcare de 2 h, sînt: 24 Ah şi 12 A. La tipul Ls_1, la acelaşi regim de descărcare, aceste mărimi sînt: $18 \times 24 = 432$ Ah şi $18 \times 12 = 216$ A.

● **Mărimile caracteristice ale acumulatoarelor cu plăci de plumb** sînt date în cele ce urmează.

Masa specifică a electrolitului γ [g/cm^3]. La acumulatoarele staţionare, limitele aproximative de variaţie ale acesteia sînt: 1,29 g/cm^3, cînd acumulatorul este încărcat şi 1,15 g/cm^3, cînd acumulatorul este descărcat.

Tensiunea electromotoare E [V] reprezintă tensiunea la bornele acumulatorului, cînd circuitul exterior al acestuia este deschis. Valoarea ei se poate determina aproximativ cu următoarea relaţie empirică:

$$E[\text{V}] = 0{,}84 + \gamma[\text{g/cm}^3].$$

Rezultă că această tensiune nu rămîne constantă nici la încărcarea, nici la descărcarea acumulatorului, deoarece este legată de masa specifică a electrolitului γ, care, după cum s-a văzut, variază între anumite limite. Aceste limite fiind mici şi variaţiile lui E sînt mici. De exemplu: la $\gamma = 1{,}18$ cores-

punde $E = 2{,}02$ V, iar la $\gamma = 1{,}21$ corespunde $E = 2{,}05$ V. De aici se desprinde următoarea regulă practică: ***pentru a constata dacă un acumulator este încărcat sau descărcat se va măsura tensiunea la bornele sale cu circuitul exterior închis, deoarece variația foarte mică a tensiunii electromotoare* E, *în cazul circuitului exterior deschis, nu este sesizată de instrumentele de măsură industriale.***

Rezistența interioară totală $r_a[\Omega]$ este valoarea rezistenței care se opune la trecerea curentului continuu. În general, ea are valori de 0,01—0,001 Ω. Rezistența interioară se micșorează în timpul încărcării și se mărește în timpul descărcării.

Valoarea ei medie (aproximativă) se poate determina cu formula empirică:

$$r_a = \frac{0{,}1 \ldots 0{,}2}{0{,}7\,C} \; [\Omega],$$

în care: C este capacitatea acumulatorului în Ah, pentru un regim de descărcare de 10 h, iar numărătorul variază în limitele 0,1 ... 0,2 funcție de distanța între plăci și de concentrația acidului.

Această rezistență variază în timpul funcționării acumulatorului, datorită efectului de polarizare a electrozilor. Această polarizare, întîlnită numai la curenții unidirecționali (c.c.), constă în modificarea valorii potențialelor de electrod față de valoarea pe care o au în cazul stării de echilibru. Electrozii, al căror potențial se modifică prin trecerea curentului, se numesc *electrozi polarizați*. Ca efect, apare o modificare a valorii tensiunii electromotoare. Variația în plus sau minus a tensiunii electromotoare poate fi exprimată matematic, prin introducerea unei mărimi E_p, denumită *tensiune de polarizare a electrozilor* și care variază funcție de valoarea curentului; de concentrația electrolitului, de forma electrozilor etc.

Dacă se raportează această tensiune de polarizare la valoarea curentului, rezultă o mărime de dimensiunile unei rezistențe, denumită *rezistența de polarizare* r_p:

$$r_p = \frac{\pm E_p}{I} \; [\Omega].$$

În concluzie, rezistența interioară totală a unui acumulator r_a se compune din doi termeni:

— *rezistența de polarizare* r_p;

— *rezistența ohmică* r, care este suma tuturor rezistențelor părților traversate de curent (în care nu apar t.e.m. de polarizare).

Prin urmare:

$$r_a = r \pm r_p = r \pm \frac{E_p}{I}.$$

Tensiunea la bornele acumulatorului U[V] este tensiunea măsurată la borne, cînd circuitul exterior este închis, fie pe consumator, fie pe sursa de încărcare. Valoarea ei depinde de regimul de funcționare al bateriei:

— *la încărcare*: $U_i = E + r_a I_i$;

— *la descărcare*: $U_d = E \quad r_a I_d$,

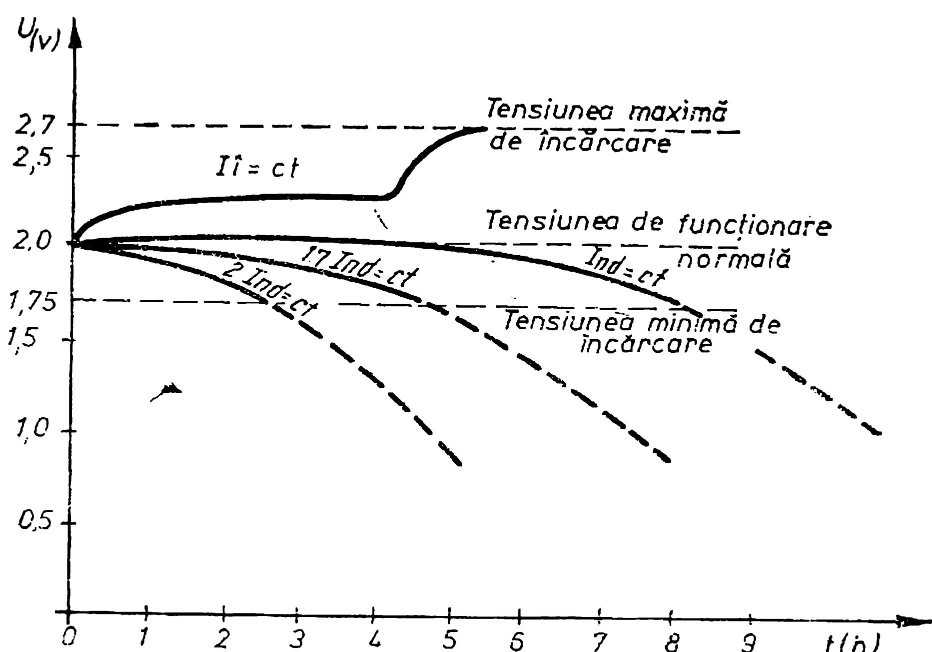


Fig. 3.9. Caracteristica $u = f(t)$ sub curent constant, la încărcarea și descărcarea acumulatorului.

în care:

I_i este curentul la încărcare, în A;

I_d — curentul de descărcare, în A.

Rezultă că valoarea acestei tensiuni nu este constantă nici la încărcare nici la descărcare. Variația ei depinde de regimul de descărcare al acumulatorului (regim de 3 h, de 10 h etc.), de valorile curenților la descărcare sau încărcare, de concentrația electrolitului etc.

În figura 3.9 se indică aspectul calitativ al curbelor $U = f(t)$ la curent constant atît la încărcare cît și la descărcare, precum și influența intensității curentului asupra caracteristicii de descărcare (cu cît curentul crește, cu atît caracteristica descrește).

La descărcare, tensiunea la bornele acumulatorului nu poate depăși valoarea minimă indicată de fabricant, deoarece există pericolul scăderii bruște a tensiunii (porțiunea de curbă punctată pe figură), cu consecințe grave atît pentru consumatori cît și pentru acumulator.

Capacitatea acumulatorului C[Ah] este cantitatea de electricitate care poate fi obținută de la acumulator prin descărcarea sa pînă la o anumită tensiune minimă admisibilă, într-un anumit timp (10; 7, 5; 5; 3; 2; 1 h). Această capacitate este cu atît mai mare cu cît regimul de descărcare este mai îndelungat (de ex.: $C_{10h} > C_{3h}$).

Curentul de descărcare I_d[A] este valoarea de curent presupusă constantă sub care se descarcă acumulatorul în regimul de descărcare ales și se obține din relația:

$$I_d[A] = \frac{C[Ah]}{t_d[h]},$$

în care:

t_d este timpul de descărcare în h, în regimul de descărcare ales;

C — capacitatea acumulatorului corespunzător acestui regim.

De exemplu, elementul L_1 are $C_{10} = 36$ Ah (capacitatea la un regim de descărcare de 10 ore). Deci

$$I_{d10} = \frac{C_{10}}{10} = \frac{36}{10} = 3{,}5 \text{ A}.$$

Dacă se alege alt regim de descărcare, mai scurt ($t_d = 5$ ore), acel element L_1 are $C_5 = 31$ Ah. Rezultă:

$$I_{d5} = \frac{31}{5} = 6{,}2 \text{ A}.$$

Curentul de încărcare maxim $I_{i\,max}$[A] este valoarea maximă a curentului cu care poate fi încărcat acumulatorul respectiv. Fabrica indică următoarele valori: pentru Ls_1, 11 A și pentru L_1, 9 A. Pentru alte capacități se înmulțesc aceste valori cu indicele elementului respectiv. De exemplu: L_6 va avea un curent de încărcare maxim $I_{i\,max} = 6 \cdot 9 = 54$ A.

Curentul de șoc $i_{șoc}$[A] este valoarea curentului maxim admis la descărcarea acumulatorului într-un regim de descărcare de scurtă durată (< 5 s). El are valoarea de 2,5 ori mai mare decît a curentului corespunzător regimului de descărcare de 1 h (numai la elementele Ls), adică: $i_{șoc} = 2{,}5\ I_{d1h}$.
De exemplu, pentru acumulatorul tip Ls_5, care are $I_{d1h} = 95$ A, curentul de șoc, $i_{șoc} = 2{,}5 \times 95 = 237{,}5$ A.

Tensiunea nu trebuie să scadă în timpul șocului la o valoare sub 78% din valoarea pe care o avea în momentul premergător șocului.

Randamentul în cantitate de electricitate η_c reprezintă raportul între cantitatea de electricitate cedată de acumulator la descărcare C_d și cantitatea de electricitate primită de acumulator la încărcare C_i, adică:

$$\eta_c = \frac{C_d}{C_i} = \frac{I_d t_d}{I_i t_i}.$$

Valoarea acestui randament la tipurile L de acumulatoare cu plăci de plumb este de 85—90%.

Randamentul de energie al acumulatorului η reprezintă raportul între energia electrică cedată de acumulator la descărcare W_d și cea primită la încărcare W_i, adică:

$$\eta = \frac{W_d}{W_i} = \frac{U_{d\,med} I_d t_d}{U_{i\,med} I_i t_i},$$

în care: $U_{d\,med}$ și $U_{i\,med}$ sînt valorile medii ale tensiunilor la descărcarea respectiv la încărcarea acumulatorului la limitele admise de furnizor.

Acest randament pentru tipul L este de 70—80%.

● Un fenomen, de care trebuie ținut seamă atît la proiectarea cît și la exploatarea instalațiilor de c.c. cu baterii de acumulatoare cu plăci de plumb, este **fenomenul autodescărcării**.

Autodescărcarea este pierderea nerecuperabilă a capacității elementului, atît în circuit exterior deschis cît și în circuit închis, ca urmare a unor procese interne ca de exemplu:

— reacția secundară dintre electrolit și placa negativă;

— lanțul electrochimic al masei active în scurtcircuit, format la placa pozitivă de PbO_2 cu plumbul grătarului, în prezența soluției de acid sulfuric;

— formarea unor elemente parazite prin depunere la catod a unor impurități metalice.

Prin autodescărcare, acumulatoarele cu plăci de plumb, staționare, pierd zilnic pînă la 0,5—1% din capacitatea lor.

2. Acumulatoarele alcaline

Acestea sînt de două tipuri principale: cu **fero-nichel** și cu **cadmiu-nichel**. Cele cu zinc-nichel introduse sporadic în unele țări nu au luat o dezvoltare importantă.

Masa activă la plăcile pozitive este formată din hidrat negru de nichel $Ni(OH)_5$; la plăcile negative ea este formată din fier amestecat cu puțin mercur la acumulatoarele Fe-Ni și cadmiu amestecat cu fier la acumulatoarele Cd-Ni. Electrolitul este o soluție apoasă de potasă caustică sau de sodă caustică. La cele Fe-Ni se adaugă și un anumit procent de hidrat de litiu.

Față de cele cu plumb, acumulatoarele alcaline prezintă următoarele particularități:

— tensiunea de lucru pe element este de 1,2 V în loc de 2 V; deci pentru formarea unei baterii sînt necesare mai multe elemente alcaline decît cu plumb;

— funcționarea în regim de încărcare permanentă este îngreuiată prin diferența mare a tensiunii finale de descărcare față de tensiunea de încărcare;

— randamentul este mai mic;

— rezistența interioară este mai mare;

— controlul stării de descărcare se face prin măsurarea numărului de amper-ore sau de watt-ore debitate față de capacitatea completă a acumulatorului la regimul de descărcare considerat;

— nu pot funcționa sub — 5C°;

— sînt mai robuste;

— întreținerea lor este mai ușoară;

— durata de serviciu este mai lungă;

— variația regimului de descărcare influențează mai puțin capacitatea acumulatorului;

— autodescărcarea este mai redusă.

3. Dispunerea echipamentului din stația de încărcare a acumulatoarelor

În figura 3.10 este arătat un exemplu de compartimentare a stației de încărcare a acumulatoarelor, unde se disting:

— camera redresoarelor, în care poate fi amplasat și tabloul general de c.c.;

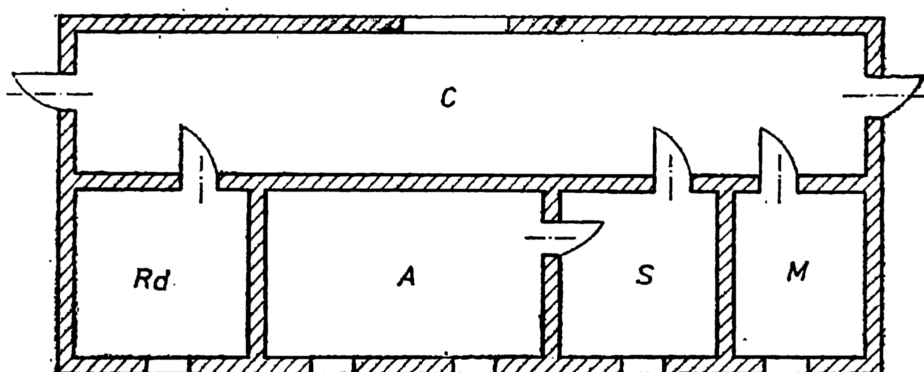


Fig. 3.10. Exemplu de compartimentare a stației de încărcat acumulatoare electrice:

C — culoar; *Rd* — camera redresorului; *A* — camera bateriei de acumulatoare; *S* — sas; *M* — magazia.

— camera bateriilor de acumulatoare;

— magazia, în care se depozitează acidul, apa distilată, soda caustică etc.;

— sasul (camera tampon), prin care se comunică cu restul încăperilor, impus de faptul că în timpul încărcării se formează gaze care prezintă pericol de incendiu și de explozie în camera acumulatoarelor și care, prin prescripții *PSI*, nu trebuie să comunice direct cu spațiile tehnologice.

La amenajarea camerei bateriilor de acumulatoare trebuie să se țină seama de următoarele considerente:

— pereții, planșeele și pardoselile trebuie să fie din materiale incombustibile, rezistente la acțiunea electrolitului;

— se recomandă vopsirea pereților, plafonului, ușilor și ferestrelor cu vopsea antiacidă;

— ferestrele situate în bătaia soarelui să fie mătuite;

— ușile trebuie să se deschidă spre exterior;

— acumulatoarele se montează pe postamente protejate contra acțiunii electrolitului, dimensiunile și distanțele minime față de pereți fiind cele indicate de furnizor;

— pentru fiecare șir de elemente trebuie să existe un coridor de acces cu lățimea de cel puțin 0,8 m;

— conductoarele de legătură la baterii trebuie să fie constituite din bare de cupru neizolate, sau din bare de cupru izolate cu materiale rezistente la electrolit și umezeală;

— corpurile de iluminat trebuie să fie antiexplozive, ca și restul instalației, întreruptoarele fiind plasate în exteriorul camerei;

— temperatura trebuie menținută cît mai constantă, în jurul valorilor de + 10°C — + 15°C.

— camera de acumulatoare trebuie bine ventilată (de regulă natural). Intrarea aerului proaspăt trebuie să se facă în apropierea pardoselii, iar ieșirea aerului în partea opusă intrării, în apropierea plafonului. În cazul ventilației mecanice, motorul și ventilatorul se amplasează în afara camerei acumulatoarelor trebuind să fie de tipul rezistent la mediul umed și corosiv.

C. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA STAȚIILOR DE REDRESARE ȘI DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

1. Stația de redresare

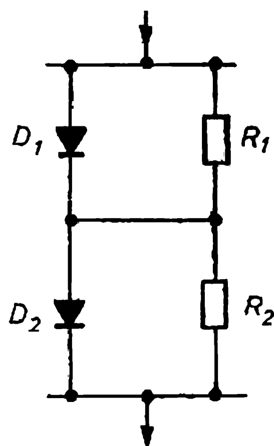


Fig. 3.11. Legarea în serie a diodelor redresoare.

● **Aparatajul de comutație, comandă și semnalizare** este întreținut și reparat după cum s-a explicat în capitolul 4 din manualul de clasa a XI-a.

● Întreținerea și repararea **transformatorului** din stația de redresare se face conform celor arătate în capitolul 5 din prezentul manual.

● **Încărcarea unui element redresor** este limitată de tensiunea necesară și de densitatea de curent admisibilă. Se constată că la legarea în serie a mai multor elemente, repartiția tensiunii este diferită de la element la element, din cauza caracteristicilor diferite, astfel încît variația maximă a tensiunii este de 30—40%. Pentru o repartizare uniformă a tensiunii inverse se utilizează în paralel pe diode cîte o rezistență a cărei valoare este aproximativ 1/43 din rezistența inversă a diodelor (fig. 3.11).

Dacă curentul direct și tensiunea inversă, care apar în funcționarea normală pe elementele redresoare, se mențin în limite admisibile precizate în catalog, acestea vor funcționa un timp practic nelimitat. Defectele apărute în exploatare se datoresc pe de o parte imperfecțiunilor tehnologice de fabricație a elementelor redresoare, iar pe de altă parte supratensiunilor și suprasarcinilor.

Supratensiunile sînt provocate de: întreruperea curentului de magnetizare al transformatorului, punerea acestui transformator sub tensiune, întreruperea unei sarcini inductive pe partea de c.c. a redresorului, de supratensiunile din rețeaua de alimentare etc.

În tabelul 3.1 se indică natura supratensiunii și mijlocul de protecție împotriva ei.

TABELUL 3.1

Natura supratensiunii și mijlocul de protecție împotriva ei

Natura supratensiunii	Mijloc de protecție
Supratensiuni atmosferice	Descărcător la intrarea în transformator
Supratensiuni la cuplarea transformatorului	Ecran între primar și secundar, legat la pămînt. Condensatoare de capacități mici, legate la pămînt
Supratensiuni la întreruperea curentului de sarcină inductiv	Circuit *RC* serie, legat în paralel cu sarcina pe partea de c.c.
Supratensiuni la cuplarea și decuplarea transformatorului la rețea, în gol	Circuite *RC* serie, legate fie pe partea de c.c., fie la intrarea în redresor

Suprasarcinile se datoresc: scurtcircuitelor pe partea de c.c. sau defectelor pe circuitele diodelor (fie se întrerupe o diodă şi atunci se supraîncarcă cele rămase în funcţiune, legate în paralel, fie se scurtcircuitează unele laturi, punînd sursa în scurtcircuit).

Pentru protecţia împotriva suprasarcinilor se utilizează fie elemente limitatoare (inductanţe pe partea de c.a., rezistenţe în circuitul de c.c.), fie elemente întreruptoare ale circuitului (întreruptoare rapide, siguranţe fuzibile).

Toate aceste elemente de protecţie trebuie să fie verificate periodic, iar cele necorespunzătoare înlocuite.

2. Staţia de acumulatoare

● **Acumulatoare cu Pb.** Umplerea cu electrolit de densitatea prescrisă se face de către fabrica producătoare, sau după indicaţiile date de aceasta. Este de menţionat că masa specifică a electrolitului la bateriile transportabile este mai mare decît la cele staţionare. Prepararea electrolitului se face prin diluarea acidului sulfuric pur cu apă, turnînd acid în apa distilată şi nu invers, pentru evitarea accidentării prin împroşcare cu acid, datorită degajării bruşte a unei cantităţi mari de căldură. Umplerea acumulatorului cu electrolit se face după circa două ore de la prepararea acestuia, iar încărcarea se poate începe numai la 24 ore după umplere. Umplerea se face cu electrolit avînd temperatura maximă +30°C, iar acesta trebuie să acopere plăcile cu peste 15 mm.

Înainte de punerea la încărcare a unui acumulator electric, trebuie verificată polaritatea (polul pozitiv al acumulatorului să fie legat la polul pozitiv al sursei). Prima încărcare se face totdeauna în trepte, prima treaptă terminîndu-se cînd tensiunea pe element este de 2,30—2,35 V (degajarea gazelor). Intensitatea de curent maximă la încărcare este arătată în instrucţiunile fabricii constructoare. În tot timpul încărcării se controlează greutatea specifică a electrolitului (mai mică la început şi mai mare la sfîrşit, avînd valorile indicate de fabricant).

În timpul funcţionării (în special la bateriile transportabile), trebuie urmărit ca să nu se atingă tensiunea minimă de descărcare (~ 1,8 V/element); altfel, se produce *fenomenul de sulfurare a plăcilor,* ducînd la reducerea capacităţii acumulatorului.

● **Acumulatoare alcaline.** Ca şi cele cu plumb, la acumulatoarele alcaline electrolitul este preparat conform instrucţiunilor fabricii producătoare. Încărcarea începe la circa 2 ore după umplerea acumulatorului. Încărcarea se face în mai multe faze: la început se încarcă timp de şase ore cu o intensitate de curent normală şi timp de şase ore cu 1/2 din intensitatea normală. Apoi se descarcă la intensitatea normală timp de patru ore. Se repetă operaţiile de mai sus, a doua descărcare fiind continuată pînă la 1 V/element. Electrolitul se scoate din bac, se spală vasul cu apă distilată, se umple din nou şi apoi se repetă operaţiile de încărcare. Schimbarea electrolitului şi spălarea sînt necesare pentru îndepărtarea carbonaţilor conţinuţi în masa activă.

Minimum o dată pe an se face verificarea capacităţii acumulatoarelor, iar cele găsite cu o capacitate de valoare sub 80% din cea normală se înlocuiesc.

Pentru eliminarea acţiunii vătămătoare a carbonaţilor, electrolitul acumulatoarelor Cd—Ni se schimbă cel puţin o dată pe an, iar cel al acumulatoarelor Fe—Ni de cel puţin două ori pe an. Tensiunea minimă de descărcare este de 1 V/element.

Capitolul 4

INSTALAȚII DE AMELIORARE A FACTORULUI DE PUTERE

A. GENERALITĂȚI

Este cunoscut din electrotehnică * că între tensiunea de la bornele unui receptor de curent alternativ și curentul care trece prin receptor există un defazaj, exprimat prin unghiul φ (fig. 4.1). Dacă unghiul $\varphi = 0$, curentul și tensiunea sînt în fază și receptoarele sînt *rezistive*. Dacă unghiul $\varphi > 0$ (s-a ales sensul pozitiv, sensul trigonometric de parcurgere a unghiurilor de la fazorul curent la fazorul tensiune), curentul se află în urma tensiunii și receptoarele sînt *inductive*. Dacă unghiul $\varphi < 0$, curentul se află înaintea tensiunii și receptoarele sînt *capacitive*.

Prin **factor de putere** se înțelege valoarea cosinusului unghiului φ (cos φ).

Din triunghiul puterilor (fig. 4.2), triunghi în care laturile sînt proporționale cu puterile: activă P, reactivă Q și aparentă S, rezultă:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}. \tag{4.1}$$

În funcție de puterea aparentă S se dimensionează instalațiile furnizorului de energie electrică (centralele electrice și liniile de transport). Puterea activă P este puterea pe care receptoarele (sau instalațiile) de energie electrică o transformă într-o altă formă de putere utilă: mecanică, luminoasă, chimică și chiar electrică. Pentru o utilizare cît mai bună a instalațiilor de furnizare a energiei electrice este bine ca raportul P/S să fie cît mai aproape de unitate.

Pentru instalațiile de furnizare a energiei electrice situația cea mai avantajoasă o reprezintă receptoarele rezistive, deoarece $\cos\varphi = 1$, deci $P = S$.

Receptoarele inductive au un factor de putere $\cos\varphi < 1$. Acestea sînt

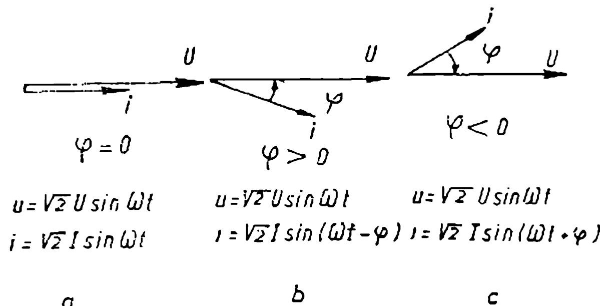


Fig. 4.1. **Defazajul dintre tensiune și curent pentru receptoarele de curent alternativ:**
a — rezistive; *b* — rezistiv-inductive; *c* — rezistiv-capacitive.

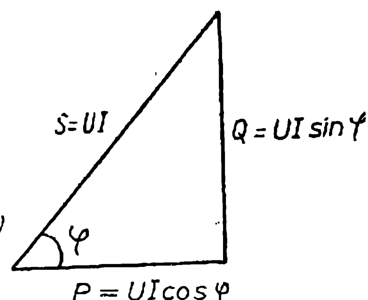


Fig. 4.2. **Triunghiul puterilor:** P — puterea activă (W); Q — puterea reactivă (Var); S — puterea aparentă (VA).

* Se vor revedea noțiunile învățate la „Electrotehnică".

dezavantajoase pentru instalațiile de alimentare cu energie electrică, deoarece absorb de la rețea atît putere activă P, cît și putere reactivă Q de valoare:

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi \text{ (din triunghiul puterilor).} \tag{4.2}$$

Aceste instalații trebuie dimensionate pentru o putere:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + P^2 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{P}{\cos \varphi}. \tag{4.3}$$

Receptoarele capacitive au de asemenea un factor de putere $\cos \varphi < 1$ dar debitează în instalațiile de alimentare putere reactivă Q (relația 4.2) lucru la fel de dezavantajos pentru acestea, deoarece trebuie dimensionate la o putere $S > P$ (relația 4.3).

Pentru instalațiile de furnizare a energiei electrice este avantajos ca în consumatorii pe care îi alimentează să se găsească atît receptoare inductive (care absorb putere reactivă), cît și receptoare capacitive (care debitează putere reactivă), astfel ca factorii de putere ai consumatorilor să fie cît mai apropiați de unitate.

B. EFECTUL FACTORULUI DE PUTERE SCĂZUT ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE

Pentru a alimenta un receptor (consumator) trifazat de putere activă P și de factor de putere $\cos \varphi$, linia electrică trebuie să transporte un curent electric I:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi}. \tag{4.4}$$

Rezultă că o dată cu scăderea factorului de putere crește curentul transportat de rețea, bineînțeles în ipoteza aceleiași puteri active absorbite.

Creșterea curentului are drept consecințe:

— necesitatea măririi secțiunii conductoarelor ce trebuie să transporte acest curent;

— necesitatea supradimensionării aparatajului de acționare (întreruptoare, contactoare) și de protecție (siguranțe fuzibile, relee termice), parcurse de acest curent. Deci instalațiile în care factorul de putere este scăzut sînt neeconomice, costă scump.

De exemplu, o instalație care are o putere activă de 40 kW alimentată la tensiunea 3 × 380/220 V și cu un factor de putere $\cos \varphi_1 = 0{,}95$ absoarbe de la rețea un curent:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi_1} = \frac{40\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = 64 \text{ A.}$$

O altă instalație care absorbe aceeași putere de la rețea, dar cu un factor de putere mai mic ($\cos \varphi_2 = 0{,}70$), absoarbe un curent:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi_2} = \frac{40\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}70} = 87 \text{ A,}$$

ceea ce înseamnă cu 33,7% mai mult. Primul curent ar conduce la alegerea unei secțiuni de aluminiu AFY de 25 mm², iar al doilea la o secțiune din

același material de 50 mm². Se poate vedea ușor influența pe care o are factorul de putere atît asupra curentului absorbit de la rețeaua electrică, cît și asupra secțiunii conductoarelor.

Creșterea curentului absorbit va influența negativ și pierderea de putere din rețelele de distribuție și de transport:

$$\Delta p = 3rI^2, \text{ sau } \Delta p = \frac{rP^2}{U^2 \cos^2 \varphi}. \qquad (4.5)$$

Datorită creșterii pierderii de putere pe rețelele electrice de distribuție și de transport este necesar ca agregatele din centralele electrice să fie supradimensionate pentru a acoperi și acest consum suplimentar.

Rezultă că este important ca receptoarele și instalațiile electrice să funcționeze cu un factor de putere cît mai ridicat.

C. MIJLOACE PENTRU AMELIORAREA FACTORULUI DE PUTERE

Acestea sînt:

— *mijloace naturale pentru mărirea factorului de putere*, care cuprind totalitatea măsurilor ce se pot adopta fără instalații speciale, fără cheltuieli, sau cu cheltuieli foarte mici;

— *mijloace artificiale pentru mărirea factorului de putere* care cuprind instalații special destinate producerii energiei reactive de compensare.

● **Mijloacele naturale pentru mărirea factorului de putere** constau în:

— *măsuri organizatorice privind utilizarea receptoarelor electrice inductive* (motoare electrice asincrone, instalații în componența cărora un loc important îl ocupă bobinajele electromagnetice, cuptoarele cu inducție sau cu arc electric, instalațiile de sudare etc.). Acestea se referă la organizarea procesului de producție, astfel încît aceste receptoare să nu funcționeze în gol, sau timpul de funcționare în gol să fie redus la minimum. Receptoarele de felul acesta trebuie să funcționeze tot timpul la parametrii nominali, sau cît mai aproape de aceștia, pentru a avea un factor de putere cît mai ridicat. Atunci cînd funcționează subîncărcate, factorul de putere scade și energia electrică este rău utilizată. Subîncărcarea se poate evita prin organizarea cît mai bună a procesului de producție, sau prin înlocuirea cu alte motoare de putere mai mică. În acest ultim caz, se va verifica dacă motorul de putere mai mică se comportă corespunzător la pornire (adică dacă poate învinge cuplul rezistent);

— *înlocuirea motoarelor asincrone* (în special cele de putere mare) *cu motoare sincrone de aceeași putere*, deoarece acestea au un factor de putere $\cos \varphi = 1$. Această măsură se va preconiza numai atunci cînd motorul sincron corespunde din punct de vedere tehnic procesului de producție;

— *deconectarea transformatoarelor, cînd acestea sînt încărcate cu o sarcină sub 30% din sarcina nominală.* Sarcina rămasă este preluată de alte transformatoare de putere mică (30% din puterea nominală a primelor), care se conectează anterior deconectării transformatoarelor subîncărcate;

— *repararea corectă a motoarelor electrice*, astfel ca acestea să-și păstreze parametrii inițiali.

● Dintre **mijloacele artificiale pentru mărirea factorului de putere**, cel mai mult se folosesc *condensatoarele statice* sub formă de *baterii de condensatoare*. Bateriile de condensatoare au cîteva avantaje foarte importante:

— au pierderi electrice mici și constante în timp;

— nu au mecanisme în mișcare și uzura este foarte mică;

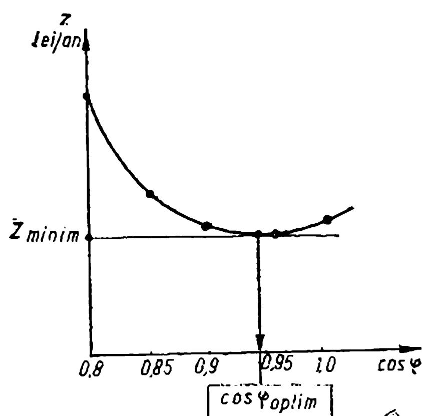


Fig. 4.3. Curba de variație a cheltuielilor anuale Z (lei/an) în funcție de factorul de putere cos φ.

— se pot monta foarte ușor;

— întreținerea este deosebit de simplă;

— se fabrică într-o gamă de puteri destul de largă.

Dintre dezavantaje se pot enumera:

— imposibilitatea realizării unui reglaj fin al factorului de putere. Reglajul se face numai în trepte, în funcție de modul cum se conectează elementele bateriei;

— spațiul mare pe care îl ocupă, în special la puteri mari. Sînt necesare spații special destinate montării bateriilor de condensatoare și, deși se pot monta pe verticală, de multe ori (în special la consumatorii industriali), bateriile de condensatoare ocupă suprafețe importante din camera tabloului electric.

Bateriile de condensatoare se aleg în urma unui calcul tehnico-economic. Cheltuielile Z ce se fac pentru bateriile de condensatoare (cheltuieli de investiții, de exploatare, de întreținere etc.) depind de factorul de putere ($\cos \varphi$) pe care îl realizează acestea. În figura 4.3 este arătat un astfel de grafic al variației lui Z în funcție de $\cos \varphi$. Factorul de putere pînă la care se face ameliorarea va fi cel corespunzător cheltuielilor minime Z_{minim}.

Această valoare se numește *factor de putere optim*. Din figura 4.3 se observă ușor că dacă s-ar mări factorul de putere pînă la valoarea maximă $\cos \varphi = 1$, cheltuielile Z ar crește, ceea ce nu este rațional din punct de vedere economic. De aceea, este greșit să se adopte o instalație de ameliorare a factorului de putere pentru $\cos \varphi = 1$ fără ca anterior să se execute calculul economic așa cum s-a arătat mai sus. Pentru instalațiile noi cu puterea mai mare de 50 kW și care ar funcționa ca un factor de putere scăzut, este obligatorie prevederea unei instalații de ameliorare a factorului de putere, astfel ca valoarea acestuia să fie $\cos \varphi = 0{,}93$. Această valoare poartă numele de *factor de putere neutral*.

D. CALCULUL CAPACITĂȚII BATERIEI DE CONDENSATOARE

Bateria de condensatoare se montează în paralel cu receptorul (sau instalația) ce funcționează cu un factor de putere scăzut. În figura 4.4 se arată acest mod de legare al condensatorului $\left(\text{de capacitatea } C \text{ și reactanța capacitivă } X = \frac{1}{\omega C}\right)$.

Înainte de montarea condensatorului, receptorul inductiv absorbea de la rețea curentul I_1 și puterea reactivă Q_1 și funcționa cu un factor de putere scăzut $\cos \varphi_1$.

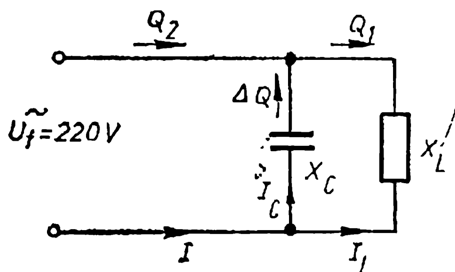


Fig. 4.4. Montarea condensatorului pentru mărirea factorului de putere.

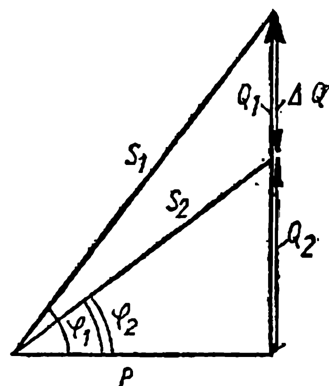


Fig. 4.5. Triunghiurile puterilor înainte și după ameliorare.

După montarea condensatorului de capacitate C, receptorul absoarbe de la rețea o putere reactivă:

$$Q_2 = Q_1 - \Delta Q, \tag{4.6}$$

unde ΔQ este puterea reactivă debitată de condensatorul C în rețea. În această situație, receptorul va funcționa cu un factor de putere $\cos \varphi_2^* > \cos \varphi_1$ (fig. 4.5). Puterea activă absorbită de receptor înainte și după ameliorarea factorului de putere este aceeași (P). Rezultă:

$$Q_1 = P \operatorname{tg} \varphi_1 \text{ și } Q_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2. \tag{4.7}$$

Înlocuind (4.7) în (4.6) se obține relația:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2). \tag{4.8}$$

Puterea reactivă debitată de condensator în rețea mai rezultă din relația:

$$Q = U_f I_c \sin \varphi, \tag{4.9}$$

unde $\varphi = 90°$, deoarece exprimă defazajul dintre tensiunea de fază U_f și curentul ce trece prin condensator I_c.

Deci:

$$P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = U_f I_c, \tag{4.10}$$

unde:

$$I_c = \frac{U_f}{X_c} = \frac{U_f}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C U_f, \tag{4.11}$$

înlocuind (4.11) în (4.10) rezultă:

$$P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = U_f^2 \omega C. \tag{4.12}$$

de unde se poate determina capacitatea necesară a condensatorului:

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)}{\omega U_f^2}. \tag{4.13}$$

unde ω, U_f, P și φ_1 se dau, iar φ_2 rezultă din egalitatea $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_{optim}$.

* $\cos \varphi_2$ poate fi *factorul de putere optim*, sau *factorul de putere neutral*.

Dacă tensiunea la bornele receptorului şi a condensatorului este U (adică tensiunea de linie), capacitatea acestuia, conform relaţiei 4.13 este:

$$C' = \frac{P(\text{tg}\,\varphi_1 - \text{tg}\,\varphi_2)}{\omega U^2}. \tag{4.14}$$

Dacă în (4.17) se înlocuieşte U cu $\sqrt{3}\,U_f$, rezultă:

$$C' = \frac{P(\text{tg}\,\varphi_1 - \text{tg}\,\varphi_2)}{3\omega U_f^2} = \frac{C}{3}. \tag{4.15}$$

Relaţia (4.15) ne arată că valoarea capacităţii legate între două faze este de trei ori mai mică decît a capacităţii legate între fază şi nul, în condiţiile debitării aceleiaşi puteri reactive în reţea.

La reţelele trifazate, bateriile de condensatoare se pot lega fie în stea, fie în triunghi (fig. 4.6).

În cazul cînd bateriile de condensatoare sînt legate în stea, relaţia (4.12) devine:

$$P(\text{tg}\,\varphi_1 - \text{tg}\,\varphi_2) = 3\omega C_Y U_f^2. \tag{4.16}$$

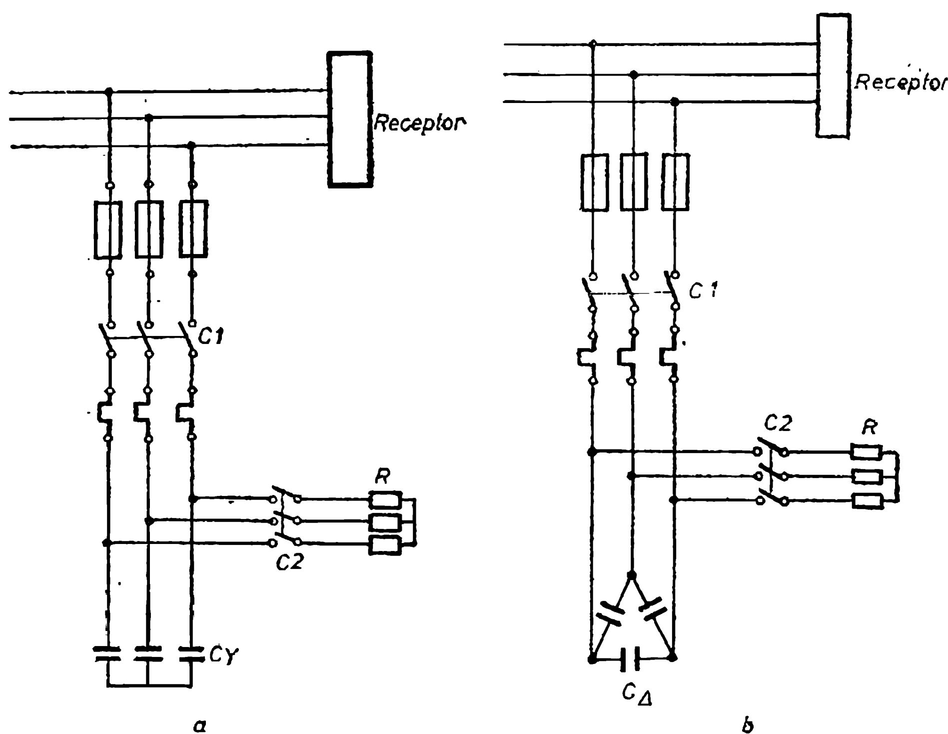


Fig. 4.6. **Legarea bateriilor de condensatoare la reţelele trifazate:**
a — în stea; *b* — în triunghi.

unde C_Y este capacitatea pe fază a bateriei. Rezultă:

$$C_Y = \frac{P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)}{3\omega U_k^2} = \frac{P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)}{\omega U^2}. \quad (4.17)$$

Dacă bateriile sînt legate în triunghi, relația (4.12) se va scrie:

$$P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 3\omega C_\Delta U^2, \quad (4.18)$$

unde C_Δ este capacitatea pe fază a bateriei.
Rezultă:

$$C_\Delta = \frac{P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)}{3\omega U^2}. \quad (4.19)$$

Comparînd relațiile (4.17) și (4.19), rezultă că valoarea necesară a capacității bateriei, cînd legarea se face în triunghi, este de trei ori mai mică decît în cazul legării în stea, în condițiile în care se debitează în rețea aceeași putere reactivă:

$$C_\Delta = \frac{C_Y}{4}. \quad (4.20)$$

E. LEGAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Bateriile de condensatoare, pentru ameliorarea factorului de putere se pot lega:

— **descentralizat:**

— *la bornele fiecărui receptor de mică putere*, ca în figura 4.4, dacă acestea sînt în număr foarte mare. Astfel se procedează pentru mărirea factorului de putere al lămpilor fluorescente. Condensatorul este montat în corpul de iluminat și legat în paralel cu acesta la bornele de alimentare (fig. 4.7). Fără condensator, circuitul lămpii fluorescente ar funcționa cu un factor de putere $\cos\varphi_1 = 0{,}55$. Pentru a aduce circuitul acestei lămpi la un factor de putere $\cos\varphi_2 = 0{,}95$, este necesar un condensator de capacitate C. Aceasta se poate calcula cu relația 4.15, unde:

$P = 50$ W, puterea circuitului lămpii fluorescente de 40 W (10 W reprezintă puterea balastului L, necesar funcționării lămpii);

$\operatorname{tg}\varphi_1 = 1{,}518$ (din $\cos\varphi_1 = 0{,}55$ rezultă $\varphi_1 = 56{,}6°$);

$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0{,}329$ (din $\cos\varphi_2 = 0{,}95$ rezultă $\varphi_2 = 18{,}2°$);

$\omega = 2\pi f = 10\pi$rad/s (unde $f = 50$ Hz este frecvența rețelei);

$U_f = 220$ V (tensiunea de fază a rețelei de alimentare).

Rezultă:

$$C = \frac{50(1{,}518 - 0{,}329)}{100 \cdot \pi \cdot 220^2} =$$

$$= 3{,}9 \cdot 10^{-6}\ \text{F} = 3{,}9\ \mu\text{F};$$

— *la bornele fiecărui receptor de mare putere* (motor asincron, cuptor

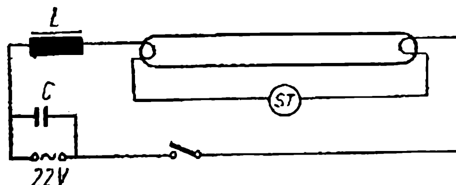


Fig. 4.7. Montarea condensatorului în circuitul unei lămpi fluorescente.

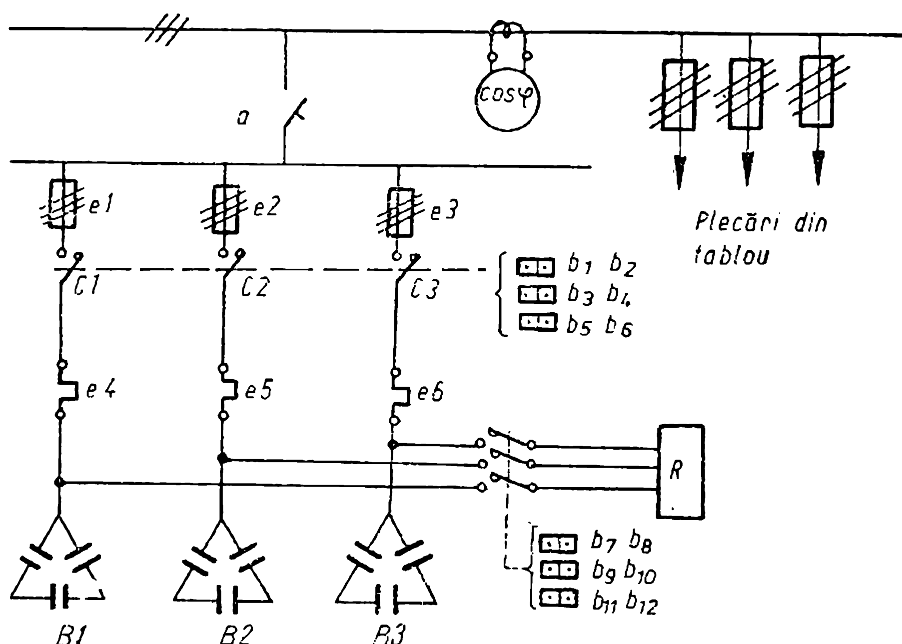


Fig. 4.8. Legarea bateriilor de condensatoare la barele unui tablou electric.

electric, ca în figura 4.6, *a* sau *b*. De regulă, se alege sistemul de legare a bateriilor de condensatoare în triunghi, deoarece acestea au o capacitate mai mică. Bateriile de condensatoare cînd sînt deconectate de la rețea (se află în gol), au o tensiune la borne de 380 V (sau 220 V la legarea în stea). Pentru a înlătura pericolul de electrocutare, după scoaterea din funcțiune a receptorului se deschide contactorul *C1* (fig. 4.6) și se închide contactorul *C2* cuplînd astfel bateriile de condensatoare pe rezistențele electrice *R*, pînă cînd acestea se descarcă:

— **centralizat:** *la bornele tablourilor electrice* (tablouri generale sau principale) atunci cînd adoptarea sistemelor de legare arătate mai sus este costisitoare. În principiu, legarea bateriilor de condensatoare la barele tabloului se face ca în figura 4.8. Cele trei baterii de condensatoare *B1* ... *B3* se pot lega la barele tabloului electric prin închiderea contactoarelor *C1* ... *C3*, utilizînd butoanele b_1 ,..., b_6, după ce, anterior, întreruptorul automat *a* a fost închis. Bateriile se leagă la rețea progresiv, în funcție de indicațiile unui cosfimetru plasat pe barele tabloului electric. După scoaterea din funcțiune a bateriilor prin desfacerea contactoarelor *C1* ... *C3*, acestea se descarcă pe grupul de rezistențe *R*, acționînd contactoarele *C4* ... *C6* cu butoanele b_7 ... b_{12};

— **moderat centralizat:** o parte din baterii se leagă descentralizat, în paralel cu receptoarele electrice și altele se leagă centralizat, la barele tabloului general.

F. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR DE AMELIORARE A FACTORULUI DE PUTERE

Înainte de montarea condensatoarelor, se verifică starea lor. Pentru aceasta se verifică ca izolatoarele electrice să fie întregi și etanș fixate pe carcasa condensatorului. De asemenea, se verifică să nu existe scurgeri de ulei pe la înche-

ieturile carcasei și aceasta să nu prezinte deformări. Condensatoarele cu defecte nu se vor monta în cadrul bateriei. După montare se execută legăturile electrice între bornele condensatoarelor pentru formarea bateriilor, apoi legăturile între baterii și în final legăturile de la acestea la barele tabloului electric (sau bornele receptorului). Aceste legături se execută în bare sau cabluri electrice.

Înainte de darea în exploatare, se face o probă a bateriilor prin conectarea la rețea de trei ori, timp de cîte cinci minute. Între conectări se face o pauză de două minute.

În timpul fiecărei conectări pot să apară:

— *scîntei la bornele condensatoarelor.* În acest caz se strîng legăturile electrice;

— *scurtcircuit* . În acest caz se refac legăturile electrice sau, dacă acestea sînt bune, se înlătură condensatorul străpuns, verificîndu-se fiecare element în parte:

— *zgomote în carcasele condensatoarelor.* Condensatoarele defecte se înlocuiesc.

După aceste probe de punere în funcțiune, bateriile de condensatoare se conectează la rețea timp de 24 ore. În acest interval de timp se verifică periodic curentul pe fiecare fază și temperatura mediului. Dacă curenții nu sînt egali pe faze, prin măsurări din aproape în aproape se depistează elementele care produc dezechilibrul (acestea se înlocuiesc). Cînd temperatura mediului ajunge la 30°C (în special vara), bateriile se deconectează de la rețea.

În prima lună de funcționare se va efectua, zilnic, de către personalul de exploatare, un control vizual privind starea condensatoarelor. Elementele în care se aud zgomote și din care apar scurgeri de ulei se înlocuiesc.

Toate intervențiile la condensatoare se fac numai după ce bateriile au fost scoase de sub tensiune și descărcate.

Trimestrial, se execută o verificare generală în cadrul căreia:

— se desfac legăturile electrice, se curăță contactele cu peria de sîrmă pînă la obținerea luciului metalic, se refac legăturile electrice strîngîndu-se cu atenție;

— se verifică dacă aparatajul de acționare și protecție are legăturile electrice bine strînse și nu prezintă deteriorări. Se verifică prin încercări funcționarea circuitului de comandă.

În timpul exploatării, bateriile electrice nu se vor lăsa în gol, încărcate. Imediat după scoaterea din funcțiune, ele se leagă pe rezistențele de descărcare. De cele mai multe ori, acestea sînt becuri electrice plasate deasupra stelajului de susținere a bateriilor, sau în incinta întreprinderii (pot face parte din iluminatul de pază al acesteia).

Elementele de condensatoare defecte (din care curge uleiul, din care se aud zgomote la punerea sub tensiune, care au izolatoarele defecte etc.) nu se repară în întreprindere, ci în atelierele speciale ale întreprinderilor furnizoare de astfel de elemente.

Capitolul 5

EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA TRANSFORMATOARELOR ȘI MAȘINILOR ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

În cadrul întreprinderilor industriale, echipamentul electric, prin folosirea sa, suferă un proces de uzură fizică sub acțiunea factorilor mecanici, termici, chimici etc. și a factorilor naturali. Uzura poate fi:

— *normală*, ca urmare a unei exploatări de lungă durată a utilajului;

— *de avarie*, ca urmare a unor defecțiuni grave petrecute fie la echipament (ruperea paletelor, ventilatorului, scurtcircuit între spire etc.), fie în rețeaua din zona in care este încorporat acesta, cînd intensitatea de uzare, într-un timp scurt, atinge un asemenea grad încît funcționarea devine imposibilă (desprinderea bobinelor înfășurărilor, îndoirea arborelui la mașini, distrugerea izolatoarelor la transformatoare etc., sub efectul electrodinamic al curenților de scurtcircuit).

Cauzele care conduc la mărirea gradului de uzură a echipamentului sînt:

— nerespectarea regimului de exploatare stabilit;

— nerespectarea regimului de întreținere stabilit în cartea tehnică sau în prescripțiile tehnice;

— executarea lucrărilor de întreținere și a reparațiilor în mod superficial;

— nerespectarea graficului și a condițiilor tehnice de reparații;

— nerespectarea regulilor de montare și instalare a aparatajului și a mașinilor electrice;

— defecte de construcție și modul greșit de alegere și dimensionare a echipamentului atît în condițiile normale, dar mai ales în cele de avarie ale instalației electrice în care este plasat acesta;

— suprasolicitările electrodinamice și termice, în cazul scurtcircuitelor din rețeaua electrică din zonă.

Pentru a preveni uzura fizică excesivă a unei mașini, pentru a înlătura efectele acestei uzuri și pentru a-i asigura o cît mai bună funcționare la parametrii optimi, în întreprinderi se organizează un sistem de reparații preventive, planificate, care constă în luarea unor măsuri organizatorice și tehnice de întreținere tehnică și reparare a echipamentului, aplicate în baza unui plan prestabilit, în scopul menținerii în timp a caracteristicilor funcționale și deci a unei exploatări raționale a acestuia.

1. Lucrările de reparații

● **Clasificare.** Lucrările de reparații se clasifică în următoarele categorii:
— **revizie tehnică** *(RT)*;
— **reparații:**
— *reparații curente I* (RC_1);
— *reparații curente II* (RC_2);
— *reparații capitale (RK).*

Încadrarea în cele două categorii se face în funcție de:
— volumul lucrărilor ce trebuie executate și valoarea de deviz a acestora;
— ciclul de funcționare a utilajului;
— starea fizică a instalațiilor la data opririi.

Lucrările ce trebuie executate, pe tipuri de reparații se stabilesc prin nomenclatoare de lucrări, aprobate de forul tutelar al întreprinderilor, pentru fiecare tip de instalație.

Revizia tehnică *(RT)* cuprinde ansamblul de operații executate sistematic (periodic) pentru verificarea, curățarea, ungerea, înlocuirea unor piese uzate și eliminarea unor defecțiuni ce impun lucrări de mică amploare, avînd și scopul de a constata starea tehnică a utilajelor, înaintea primei reparații planificate.

Revizia tehnică are drept scop menținerea stării tehnice corespunzătoare a utilajului, prevenirea și eliminarea defecțiunilor la părți care au un grad de fiabilitate redus (garnituri, rulmenți), curățirea suprafețelor de schimb de căldură, verificarea organelor și fluidelor din ansamblul de ungere și înlocuirea lor după caz, verificarea și punerea la punct a elementelor de siguranță, protecție și automatizare.

Revizia tehnică se execută pe locul de funcționare a instalației, de către echipe specializate.

Ordinea de execuție a lucrărilor, cu ocazia unei revizii tehnice, este următoarea:
— pregătirea echipamentului pentru *RT*;
— controlarea cu atenție a stării de uzură a lui, pentru a se determina posibilitatea funcționării în continuare și eventualele mici reparații pentru remedierea uzurilor constatate;
— executarea operațiilor de reglaj al echipamentului, înlăturarea jocurilor anormale.

În cazul în care se constată un defect ce ar putea conduce la scoaterea din funcțiune a echipamentului, sau dacă pentru eliminarea defecțiunilor constatate este nevoie de înlocuirea unor piese sau subansamble, atunci se va executa în continuare *RC* necesară.

Reparația curentă *(RC)* cuprinde ansamblul de operații prin care se remediază toate defecțiunile apărute în perioada exploatării, cu excepția acelora ce se efectuează în cadrul reparațiilor capitale. Reparațiile curente se pot executa fie fără demontarea ansamblurilor sau subansamblurilor, pentru înlocuirea pieselor defecte, fie prin demontarea lor în scopul remedierii sau înlocuirii lor cu altele noi sau reparate.

În funcție de durata ciclului de reparații *, de volumul lucrărilor care se execută și de valoarea pieselor și a subansamblurilor reparate, recondiționate sau înlocuite, reparațiile curente se împart în RC_1 și RC_2.

---

* **Ciclul de reparații** este intervalul de timp dintre două reparații capitale (*RK*) succesive, în care este inclusă și durata de execuție a uneia dintre ele.

Cu ocazia reparațiilor curente se pot efectua și lucrări de modernizare și de îmbunătățire a anumitor părți componente ale echipamentelor de către echipele specializate în acest scop.

Reviziile tehnice *(RT)* și cele curente *(RC)* se execută din fondurile de producție.

Reparația capitală *(RK)* cuprinde ansamblul de operații efectuate în scopul readucerii echipamentului cît mai aproape de caracteristicile tehnice, constructive și funcționale inițiale. Ea se execută cu demontarea totală a echipamentului, recondiționîndu-se sau înlocuindu-se subansambluri, care nu mai pot funcționa în condiții de siguranță și de precizie, precum și restabilindu-se dimensiunile normale la elementele cu grad de uzură mai puțin avansat.

Cu ocazia reparațiilor capitale se pot aduce unele îmbunătățiri și modernizări, cu condiția ca valoarea totală a reparațiilor capitale să nu depășească limita valorică maximă stabilită pentru *RK* respectivă (costul normat al reparației capitale).

Reparațiile capitale se execută din fonduri special alocate și se includ în costul de producție.

Costul normat al reparației capitale nu poate depăși 60% din valoarea de înlocuire a echipamentului respectiv. În caz contrar, el este schimbat.

● **Mărimi caracteristice**

Ciclul de reparații. În funcție de natura echipamentului, intervalele de timp la care se efectuează diversele lucrări de reparații sînt foarte diferite. Astfel, reviziile tehnice la unele mașini electrice se execută la 20—30 zile, reparațiile curente la 3—6 luni, iar reparațiile capitale la intervale de cîțiva ani.

Transformatoarele de putere au cicluri de reparații mult mai lungi. Astfel, reviziile tehnice se execută o dată pe an, reparațiile curente la 5—6 ani, cele capitale la 10—20 ani.

Costul reparației reprezintă suma tuturor cheltuielilor necesare efectuării reparației. Se determină cu relația:

$$C_t = C_m + C_n + C_p + R + I, \tag{5.1}$$

în care:

C_m este costul materialelor necesare;
C_n — costul lucrărilor executate manual și pe mașinile-unelte (manoperă);
C_p — costul pieselor de schimb;
R — cheltuielile de regie;
I — cheltuielile diverse.

Durata reparației reprezintă intervalul de timp dintre momentul scoaterii (retragerii) din funcțiune a echipamentului electric și momentul terminării reparației. Durata reparației se calculează cu relația:

$$A = \frac{B}{K \cdot S} + H, \tag{5.2}$$

în care:

A este durata reparației în ore;
B — numărul de ore de lăcătușărie, operații electrice și prelucrări pe mașini-unelte;
K — numărul tuturor muncitorilor care lucrează la reparații;

S — numărul de schimburi de cîte 8 ore, în care se lucrează la reparații;
H — timpul necesar pentru verificarea funcționării echipamentului după reparație, precum și timpul necesar vopsirii și uscării, în ore.

Complexitatea reparației este exprimată printr-un coeficient supraunitar.

Structura ciclului de reparații reprezintă ordinea diferitelor feluri de reparații ale echipamentului respectiv. Spre exemplu, pentru un motor electric, structura ciclului de reparații este:

$$RK - RT - RT - RT - RC - RT - RT - RT - RK.$$

Stocul de piese de schimb reprezintă cantitatea maximă necesară a pieselor ce trebuie procurate din timp în vederea asigurării continuității lucrărilor de reparații și aflate la dispoziția atelierului de reparații. Pe măsură ce stocul scade în urma executării unor reparații, el trebuie mereu completat, pînă la valoarea maximă, nefiind admisă scăderea lui pînă la limita minimă, ce se calculează cu relația:

$$S = M \cdot T, \qquad (5.3)$$

în care:
S este stocul minim, în buc.;
M — norma lunară de consum de piese de schimb, în buc./h;
T — durata necesară confecționării pieselor de schimb în vederea completării la maximum, în ore.

Consumul de materiale reprezintă cantitatea materialelor ce intră în procesul unei reparații, stabilită pe baza fișei de constatare, care se întocmește la demontarea echipamentului de reparat.

2. Lucrările de întreținere

Între două reparații succesive are loc procesul de întreținere ce include aplicarea regulilor de exploatare a echipamentului respectiv, indicate în prescripțiile tehnice ale furnizorului, precum și eliminarea la timp a defecțiunilor accidentale. Ea este efectuată de către personalul de exploatare (în unitățile energetice: centrale, stații, rețele) sau de către personalul de întreținere (în secțiile întreprinderilor industriale).

Organizarea activității de întreținere se bazează pe cunoașterea fiabilității fiecărei mașini în parte, sau, cu alte cuvinte, pe probabilitatea ca mașina să funcționeze fără defecțiuni în toată perioada de viață utilă.

Întreținerea operativă a instalațiilor electrice și echipamentului electric de pe utilajele industriale este realizată de către electricienii de exploatare și întreținere din tură (de schimb) ale căror atribuții sînt:

— să ia cunoștință de starea și regimul de funcționare a întregului echipament din sectorul lor de lucru și de lucrările ce trebuie executate în schimbul lor;

— să efectueze personal controlul echipamentului electric, conform prevederilor stabilite prin instrucțiunile de serviciu;

— să ia măsuri imediate pentru înlăturarea deranjamentelor * produse în schimbul lor;

— să raporteze șefului imediat superior din schimb deficiențele observate și să le consemneze în registrul de defecte (pentru echipa de reparații);

— la apariția unei avarii în instalația electrică, să ia măsurile necesare pentru restabilirea funcționării normale a echipamentului;

— să controleze starea tehnică a tablourilor electrice, a pupitrelor de comandă, a dispozitivelor de pornire etc., cu luarea măsurilor necesare prevăzute de tehnica securității muncii.

Întreținerea curentă și supravegherea zilnică, contribuie la:

funcționarea continuă a echipamentului;

— asigurarea calității și integrității produselor, înlăturarea rebutărilor, mărirea productivității muncii;

— preîntîmpinarea avariilor;

— mărirea duratei de funcționare a echipamentului între două reparații;

— reducerea opririlor echipamentului din cauza reparației.

B. TRANSFORMATOARE DE PUTERE

Transformatoarele de putere coborîtoare din dotarea consumatorului și pe care acesta are dreptul să le exploateze, prezintă următoarele caracteristici tehnice **:

— trifazate, cu două înfășurări, cu miez magnetic cu trei coloane;

— gama de puteri aparente nominale: $S = 100 ... 1\,600$ kVA;

— grupele de conexiuni: $Y - Z_0 - 5$; $Y - Y_0 - 12$, $\Delta - Y_0 - 12$;

răcirea: în ulei, naturală;

— reglajul tensiunii fără sarcină $\pm 5\%$;

— gama de tensiuni de partea primară: 6 ... 20 kV;

— tensiunea pe partea de joasă tensiune: 380/220 V;

— instalarea: în boxele de transformator din postul de transformare al consumatorului *(PT)*;

— gama tensiunilor procentuale de scurtcircuit: 4 ... 6%;

— gama curenților procentuali de mers în gol: 1,7 ... 3,4%;

— gama pierderilor la mersul în gol: 480 W ... 3 500 W;

— gama pierderilor la mersul în scurtcircuit: 2 760 ... 20 200 W.

1. Exploatarea transformatoarelor de putere

a. Funcționarea în paralel

În funcție de puterea cerută de consumator, în postul de transformare pot funcționa în paralel mai multe transformatoare, fie în mod permanent, fie în mod intermitent, cuplate la barele colectoare prin dispozitivele de anclanșare automate a rezervei *(AAR)*, sau prin sistemul de reglaj automat al puterii transferate *(SRAP)* în funcție de curba de sarcină a consumatorului.

Pentru funcționarea lor în paralel trebuie respectate următoarele condiții:

— grupe de conexiuni cu același indice numeric;

* A se vedea definiția dată în manualul de clasa a XI-a (p. 142).

** Este vorba de noțiuni însușite la disciplinele „Fizică", „Electrotehnică", „Mașini electrice".

— rapoarte de transformare egale;

— tensiuni de scurtcircuit diferite cu maximum ± 10 % față de valoarea medie la toate unitățile ce trebuie să funcționeze în paralel;

— raportul puterilor nominale: sub 3 : 1.

Transformatoarele aparținînd grupelor de conexiuni cu indicii numerici *5* și *11* pot funcționa în paralel în cazul cînd conexiunile sînt transpuse în mod corespunzător.

b. Regimul economic de funcționare a transformatoarelor

Puterea cerută de receptoarele racordate la postul de transformare uzinal variază în cursul a 24 ore, fiind diferită în perioada de vară față de cea de iarnă.

Ilustrarea grafică a acestei variații este dată de curbele de sarcină zilnică, redate orientativ în figura 5.1. Dacă în post sînt instalate mai multe transformatoare, nu se mențin toate conectate în permanență, ci la o reducere a sarcinii, o parte dintre acestea se deconectează; la creșterea sarcinii, din contră, ele se conectează. Momentele conectării și deconectării se stabilesc pe baza regimului economic al funcționării transformatoarelor. Se consideră drept **regim economic**, acel regim de lucru la care pierderile active și reactive de putere și energie din transformatoare sînt minime.

După cum se știe de la disciplinele „Electrotehnică" și „Mașini electrice", funcționarea unui transformator în sarcină este însoțită de pierderi de puteri active (în rezistențele înfășurărilor și în miezul transformatorului) și de pierderi de puteri reactive (cele datorită magnetizării miezului și în reactanțele inductive ale înfășurărilor). Pierderile active în miezul transformatorului și cele reactive pentru magnetizare sînt constante în raport cu sarcina; celelalte sînt variabile cu pătratul sarcinii.

Plecînd de la faptul că un transformator are randamentul maxim la acea sarcină la care pierderile la funcționare în gol (pierderile active în miez și cele reactive pentru magnetizare) sînt egale cu pierderile la scurtcircuit (pierderile active în rezistențele înfășurărilor și cele reactive în reactanțe) și introducînd noțiunea de *echivalent economic al puterii reactive K*, se obține relația 5.4, care arată că la o încărcare totală $> S$ este necesar ca la cele n transfor-

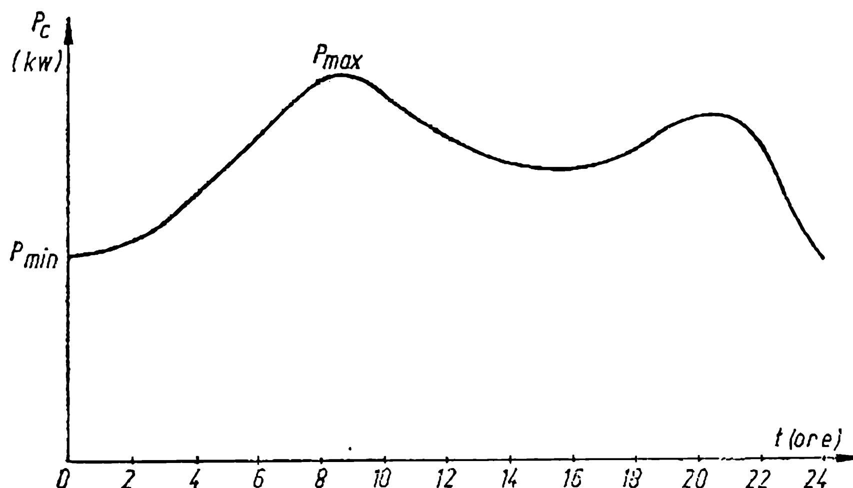


Fig. 5.1. Curba de sarcină la o întreprindere cu lucrul în trei schimburi, pe timp de iarnă.

matoare în funcțiune să se conecteze încă unul; la o încărcare totală $< S$ și la un număr $n + 1$ transformatoare în funcțiune, este necesar să se deconecteze unul; la o încărcare totală $= S$, numărul de transformatoare în funcțiune poate fi n sau $n + 1$ (în ambele cazuri pierderile sînt egale);

$$S = S_{nom} \sqrt{n(n+1)\frac{\Delta P_0 + K\Delta Q_0}{\Delta P_{sc} + K\Delta Q_{sc}}} \tag{5.4}$$

în care:

S este încărcarea totală a postului, în kVA;
S_{nom} — puterea nominală a unui transformator (presupunînd că transformatoarele au puterea egală), în kVA;
n — numărul de transformatoare;
P_0 — pierderile active la funcționarea în gol, în kW;
P — pierderile active la funcționarea în scurtcircuit, în kW;
Q_0 — pierderile reactive la funcționarea în gol, în kVAR;
Q — pierderile reactive la funcționarea în scurtcircuit, în kVAR;
K — echivalentul economic al puterii reactive, care arată care este puterea activă ce se consumă pentru a produce și a transporta 1 kVAR de putere reactivă, în kW/kVAR (spre exemplu: $K = 0{,}2$ înseamnă că pentru a produce și transporta 1 kVAR de putere reactivă se consumă 0,2 kW de putere activă).

c. Reglajul tensiunii în rețea cu ajutorul comutatorului cu ploturi al transformatorului

În figura 5.2 este reprezentată schematic alimentarea radială a unui consumator, ce absoarbe un curent I, cu un factor de putere cos φ.

După cum este cunoscut din capitolul 7 al manualului „Instalații electrice industriale" pentru clasa a XI-a, în ipoteza unei tensiuni constante pe barele de medie tensiune ale postului de transformare (menținută cu ajutorul sistemelor de reglare din rețelele de înaltă tensiune), pe barele de joasă tensiune și în punctul C de racord al consumatorului tensiunea variază în raport cu sarcina datorită pierderilor de tensiune din transformator și linie. Pentru a o păstra în limitele admisibile (v. manualul de clasa a XI-a) este necesară

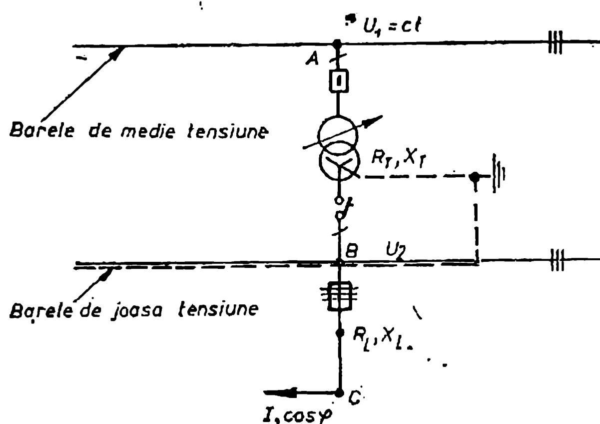


Fig. 5.2. Schemă electrică monofilară simplificată pentru exemplificarea reglajului tensiunii.

variația numărului de spire ale înfășurării primare *, care se face cu ajutorul comutatorului cu ploturi, cu care este dotat transformatorul. Din acest punct de vedere există două tipuri de transformatoare:

— cele la care comutatorul se poate manevra de la distanță în orice moment, sub sarcină (la transformatoarele mari din stațiile electrice);

— cele la care comutatorul se poate manevra numai cu scoaterea lui de sub tensiune, de la fața locului (cazul celor din *PT* ale consumatorilor).

d. Supraîncărcarea transformatoarelor de putere

În exploatare se practică metoda de supraîncărcare a transformatoarelor pe o durată limitată pentru a face față unor vîrfuri de sarcină, pentru care nu ar fi economică cuplarea în paralel a transformatoarelor de rezervă sau în cazul unor strangulări în alimentarea cu energie electrică a consumatorului, cînd apar retrageri de echipamente din exploatare.

Capacitatea de supraîncărcare temporară a transferului depinde de : sarcina inițială, temperaturile agenților de răcire, valorile maxime admisibile ale înfășurărilor.

2. Întreținerea transformatoarelor

Pe parcursul funcționării transformatorului de putere, personalul de exploatare are obligația ca în timpul fiecărei ture să facă un control exterior al stării tuturor elementelor componente ale transformatorului, atît vizual, de la distanța minimă admisă de tehnica securității, cît și prin aparatele indicatoare (ampermetre, voltmetre, termometre, indicatoare de nivel ale uleiului etc.). Constatările, consemnate în registrul de exploatare al stației sau postului de transformare, sînt apoi analizate în scopul luării deciziei dacă transformatorul trebuie retras din exploatare, în vederea remedierilor sau își poate continua funcționarea, cu anumite restricții (diminuarea încărcării prin modificarea schemei operative a stației, limitarea în timp a funcționării lui etc.). Prin aceasta se evită apariția unor defecte majore care fac să intre în acțiune protecția prin relee, deconectînd transformatorul în mod nedorit.

Controlul are în vedere;

— starea cuvei (dacă nu există găuri, turtiri, rugină, scurgeri de ulei, calitatea etanșărilor);

— starea radiatoarelor (analog cuvei, în plus starea robinetelor, a dopurilor);

— starea conservatorului de ulei (analog radiatoarelor, în plus starea indicatorului de nivel al uleiului);

— starea expandorului (analog radiatoarelor, în plus integritatea membranei și starea dopului de aer);

— starea capacului (analog cuvei, în plus starea buloanelor de strîngere);

— starea bornelor (izolatoarelor de trecere de înaltă și joasă tensiune: gradul de murdărie, spargeri ale porțelanului, starea prezoanelor, etanșeitatea);

— starea bornelor (izolatoarelor de trecere de înaltă și joasă tensiune: gradul de murdărie, spargeri ale porțelanului, starea prezoanelor, etanșeitatea);

* Pentru un transformator cu două înfășurări se poate scrie cu aproximație (v. fig.5.5): $\frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1}$, w_2 fiind numărul de spire din secundar, iar w_1 cel din primar. Se deduce: $U_2 = \frac{w_2}{w_1} U_1$. Dacă $U_1 = ct$ și $w_2 = ct$, U_2 variază invers proporțional cu numărul de spire din primar.

— starea instalației de răcire (în cazul ventilației artificiale se controlează starea și funcționarea tuturor ventilatoarelor; în cazul răcirii prin circulație forțată de ulei, se cercetează pompele, coloanele de răcire, temperatura apei de răcire, precum și temperatura uleiului la intrarea și la ieșirea din răcitor);

— starea aparatelor de pe transformator (releul de gaze, siguranțele de străpungere, termometrele, termosemnalizatoarele);

— starea dispozitivului de acționare a comutatorului (deteriorării exterioare, pierderi de ulei pe la flanșă, funcționarea lui în cazul transformatoarelor cu comutare sub sarcină);

— starea circuitelor secundare (de protecție, măsură, semnalizare și comandă) ale transformatorului respectiv;

— apariția zgomotului inadmisibil în miezul magnetic (care presupune: slăbirea presării îmbinărilor, străpungerea sau distrugerea garniturilor izolante în îmbinări).

La apariția unui defect în interiorul transformatorului, trebuie să acționeze, în funcție de tipul defectului, protecțiile prin relee cu care este dotat transformatorul, fie prin semnalizare, la depășirea mărimilor electrice prescrise și care previn personalul de exploatare în vedere luării unor măsuri operative (care să conducă la reintrarea în regimul normal de funcționare al transformatorului), fie prin trimiterea impulsurilor de comandă la bobinele de declanșare ale întreruptoarelor, deconectînd transformatorul de pe sistemele de bare pe care funcționează.

În tabelul 5.1 se indică principalele tipuri de defecte, modul de recunoaștere și cauzele lor posibile.

3. Repararea transformatoarelor

Repararea transformatoarelor se efectuează numai după retragerea lor din exploatare, în baza foii de manevră *, de către personalul de exploatare al stației sau al postului respectiv. Apoi se eliberează autorizația de lucru echipei de reparații, precizîndu-se defectele observate în timpul exploatării, sau indicîndu-se tipurile de protecții care au acționat la deconectarea transformatorului.

Procesul tehnologic al reparării transformatorului cuprinde următoarele faze importante:

— izolarea electrică a transformatorului de restul instalației (verificarea lipsei de tensiune la bornele de înaltă și joasă tensiune, îngrădirea locului de muncă cu benzi colorate pe care se agață plăcuțe avertizoare, montarea panourilor izolante, montarea scurtcircuitoarelor atît pe partea de înaltă tensiune, cît și pe cea de joasă tensiune);

— desfacerea legăturilor electrice de la borne;

— deplasarea transformatorului din boxă sau celulă la atelierul de reparații;

— demontarea transformatorului;

— repararea părților componente defecte (miez, înfășurări etc.);

— remontarea transformatorului;

— încercări;

— reinstalarea transformatorului în boxă sau în celulă;

— refacerea legăturilor la instalația electrică;

— ridicarea izolării;

— cuplarea la rețea prin executarea operațiilor indicate în foaia de manevră întocmită în acest scop.

---

* A se vedea capitolul 6 din manualul „Instalații electrice industriale" clasa a XI-a.

Principalele defecte și modul lor de recunoaștere la transformatoarele de putere

TABELUL 5.1

Tipul defectului	Modul de recunoaștere a defectului	Cauzele posibile
Scurtcircuitarea locală a tolelor de oțel	Lucrează releul de gaze	Îmbătrînirea lacului izolant al tolelor, deteriorarea tolelor
Scurtcircuit între spire	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială, maximală (dacă aceasta este instalată pe partea alimentării	Deteriorarea izolației între spire datorită îmbătrînirii în urma uzurii normale sau a suprasarcinilor de durată sau a insuficientei răciri Descoperirea înfășurărilor în urma coborîrii nivelului uleiului. Presarea necorespunzătoare a înfășurărilor.
Întreruperea în înfășurări	Funcționează protecția de gaze din cauza arcului care apare în punctul de întrerupere.	Distrugerea capetelor de ieșire. Lipirea interioară necorespunzătoare a conductorului. Topirea unei părți din spire din cauza scurtcircuitului în înfășurare
Străpunerea (punerea) la masă	Funcționează protecția de gaze, iar la transformatoarele cu neutrul legat la pămînt și protecția diferențială	Defectarea izolației principale datorită îmbătrînirii sau existenței fisurilor; umezirea uleiului. Scăderea nivelului uleiului din cuvă. Umiditate și murdărie în ulei. Supratensiuni care au condus la străpungerea izolației
Scurtcircuit între înfășurările fazelor	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială și maximală. Aruncarea uleiului prin expandor	Aceleași cauze ca în cazul precedent; în plus: scurtcircuit la borne sau la comutatorul de prize
Topirea suprafețelor contactelor la comutatoarele cu ploturi	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială și maximală	Defectele de montaj (apăsare insuficientă a contactelor și elasticitate insuficientă a resoartelor de presare). Supraîncălziri datorită curenților de scurtcircuit din zonă
Defectarea izolației între tole	Semnalizează protecția de gaze, miros specific pătrunzător	Deteriorarea izolației buloanelor de strîngere, a izolației între tole; deteriorarea sau lipsa garniturilor la jug

a. Demontarea transformatorului

Demontarea transformatorului comportă următoarele operații:

— evacuarea uleiului;

— deșurubări și desfacerea legăturilor electrice;

— demontarea subansamblelor (izolatoarele conservatorului de ulei; expandorul etc.);

— decuvarea și demontarea părții active (miezul magnetic și înfășurările situate pe el);

— demontarea radiatoarelor.

Pentru identificarea acestor părți componente, în figura 5.3 se reprezintă un transformator în ansamblu.

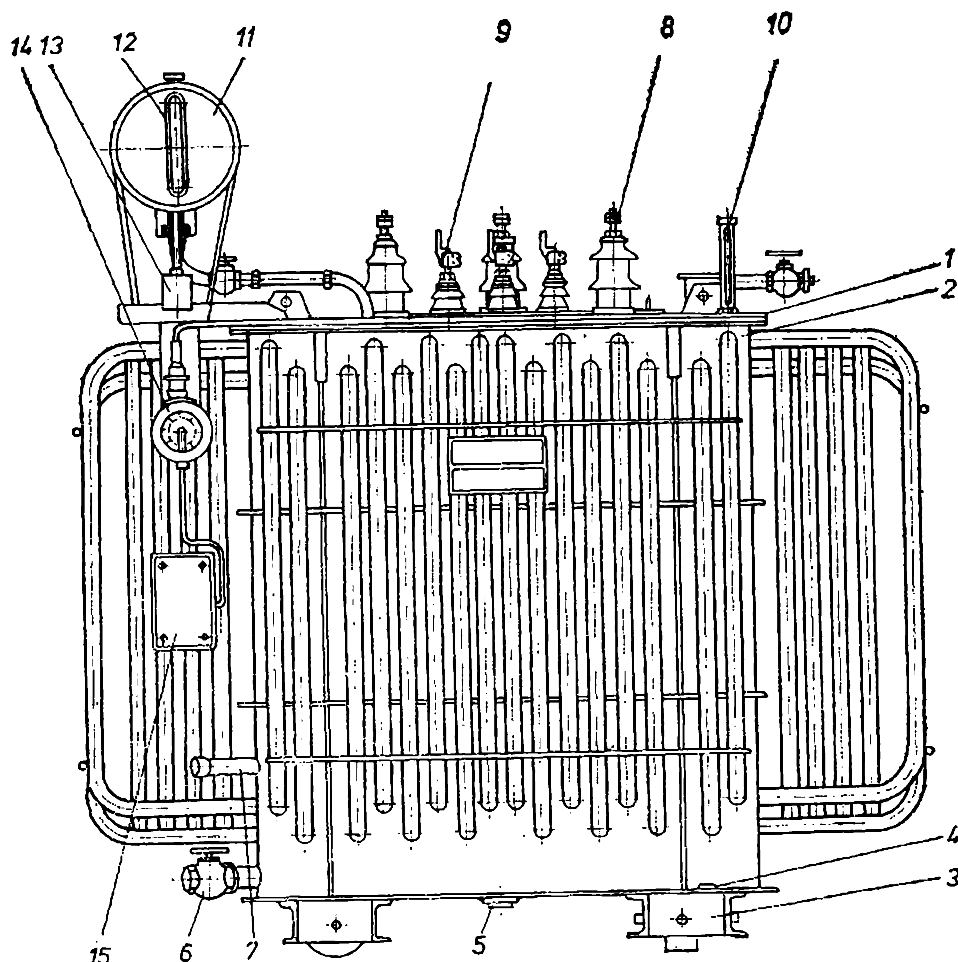


Fig. 5.3. **Vedere de ansamblu a unui trasformator de putere de 1 000 kVA, 10/0, 4 kV:** *1* — capac; *2* — cuvă cu radiatoare liră; *3* — cărucior de transport; *4* — bornă de punere la pămînt; *5* — bușon pentru curățirea cuvei; *6* — robinet golire; *7* — bușon pentru luarea probelor de ulei; *8* — izolator *IT*; *9* — izolator *JT*; *10* — termometru cu mercur; *11* — conservator; *12* — nivelă de ulei; *13* — filtru de aer; *14* — termometru de contacte; *15* — cutie de borne.

● **Evacuarea uleiului** se poate face total sau parțial în funcție de starea lui și de caracterul și volumul reparației. În cazul evacuării parțiale, acesta se scurge pînă la nivelul jugului de sus al miezului magnetic.

Uleiul se evacuează într-un vas pregătit dinainte, curat și uscat, prin robinetul de golire de la partea inferioară, laterală, care se leagă de vas cu ajutorul unui tub de cauciuc.

● **Deșurubarea** începe cu capacul cuvei. Apoi se desfac legăturile de izolatoarele de trecere, precum și la comutatorul de prize. La deșurubare trebuie să se aibă în vedere următoarele reguli:

— fiecărui bulon, șurub, prezon etc. după ce a fost deșurubat trebuie să i se monteze la loc șaibele, piulițele, contrapiulițele etc.;

— toate elementele de prindere, reasamblate, trebuie păstrate într-un recipient (găleată, cutie etc.);

— dacă buloanele nu pot fi deșurubate, din cauză că sînt ruginite, se ung cu petrol lampant;

— dacă filetele au defecte, ele trebuie refăcute folosind tarozi și filiere corespunzătoare.

— piesele cu defecțiuni iremediabile vor fi înlocuite cu altele noi.

● **Demontarea subansamblurilor** începe prin *demontarea izolatoarelor* care, pînă la 35 kV, se face, după ce s-a desfăcut legătura de la partea inferioară, prin demontarea piulițelor care strîng clemele de presare ale izolatoarelor. Apoi *se demontează expandorul* prin desfacerea legăturii sale de la partea superioară, se leagă cu frînghie și se agață de cîrligul macaralei, după care se deșurubează buloanele de pe flanșa inferioară, ridicîndu-se țeava de pe capac.

Demontarea conservatorului de ulei începe prin detașarea lui pe flanșa conductei de ulei, apoi de piesele de care este fixat și cu o funie sau cu un cablu cu inele de ridicare se ridică de pe capacul cuvei, așezîndu-se pe podea. Sticla indicatorului de nivel de ulei trebuie ferită de deteriorări în perioada demontării conservatorului.

Releul de gaze, precum și *instrumentele de control al temperaturii uleiului* (termometrul cu rezistență, termosemnalizatorul etc.) sînt demontate imediat după evacuarea uleiului, pentru evitarea deteriorării lor în cursul demontării subansamblelor.

● **Decuvarea** înseamnă scoaterea părții active din interiorul cuvei și așezarea ei pe suporții din traverse de cale ferată, punîndu-se dedesubt o tavă din tablă de oțel pentru colectarea uleiului ce se prelinge de pe partea activă. În timpul ridicării, cu ajutorul macaralei, este necesar să se supravegheze ca nici o parte să nu se agațe de pereții cuvei.

Ridicarea, transportarea și coborîrea părții active trebuie făcute cu atenție, fără smucituri și balansări, iar eliberarea din macara se va face numai după ce se verifică stabilitatea ei pe suporți.

● **Demontarea părții active** începe cu demontarea prizelor și a comutatorului de prize. Se recomandă ca în prealabil să se schițeze poziția prizelor și a pieselor de fixare, atît în partea de înaltă tensiune, cît și în cea de joasă tensiune și să se numeroteze atît prizele, cît și plăcile de fixare, în care scop se leagă de ele etichete cu numerele corespunzătoare.

Toate îmbinările nedemontabile (lipituri) se curăță în prealabil de izolație; dacă lipiturile sînt efectuate cu aliaj de lipit cu cositor, se dezlipesc cu ajutorul lămpii de lipit, iar dacă sînt efectuate cu aliaj de lipit tare, ele se taie cu dalta și ciocanul punînd sub ele un obiect metalic (bară, placă).

După deconectarea prizelor de reglaj, comutatorul se scoate, de regulă, separat de dispozitivul de fixare și se așază orizontal pe stelaj.

Urmează demontarea grinzilor jugului și despachetarea jugului superior. În prealabil, se depresează înfășurările, în care scop se deșurubează (dar nu complet) buloanele de presare, lăsîndu-se în aripile grinzilor jugului, se scot de pe inelele de presare paharele demontabile, tălpile etc., precum și legătura la masă a inelelor de strîngere și, dacă există tiranți verticali, se deșurubează și se scot de pe ei piulițele superioare. Se deșurubează buloanele de strîngere a jugului superior și grinzile respective, se leagă cu funii grinzile jugului și se scot afară buloanele de strîngere și aceste grinzi. Se marchează pe ele părțile de înaltă și joasă tensiune, astfel că la remontare să fie așezate corect.

După aceea, se ridică grinzile jugului, scoțîndu-le de pe tiranții verticali și se așază pe pardoseală. Despachetarea jugului se face scoțînd pachete formate din două-trei tole, de la capete spre mijloc, simultan din două părți. În acest scop, pe niște schele provizorii, instalate la înălțimea necesară, pe ambele laturi ale părții active, se plasează în funcție de lungimea jugului 1—3 muncitori pe fiecare parte. Fiecare muncitor așază cu atenție lîngă el pe schelă tolele despachetate una peste alta. Pe măsură ce despachetarea progresează, tolele se iau de pe schelă și se duc la locul de depozitare, unde se face cîte o stivă din tolele aduse de pe aceeași parte.

Pentru scoaterea înfășurărilor se utilizează niște gheare ca cele din figura 5.4, care se așază în cruce una față de alta. Ghearele trebuie introduse exact sub coloana de distanțori, în care scop înfășurarea se ridică puțin cu o rangă în acel loc, astfel încît gheara să prindă numai înfășurarea respectivă.

Între tijele ghearelor și înfășurare se introduc fîșii de carton preșpan și apoi se leagă toate ghearele împreună cu înfășurarea, cu ajutorul unei funii, la intervale mici în sensul înălțimii (formînd un tot rigid). Se aduce cîrligul macaralei la centrul înfășurării și se agață de el înfășurarea cu ajutorul funiei legate de gheară în așa fel încît în timpul ridicării să atîrne de cîrlig strict vertical. După scoaterea înfășurării, ea se așază vertical pe pardoseală, pe două grinzi, în mod stabil.

După scoaterea tuturor înfășurărilor, se scoate de pe miezul magnetic toată izolația inferioară, așezîndu-se în ordinea scoaterii pe stelaj.

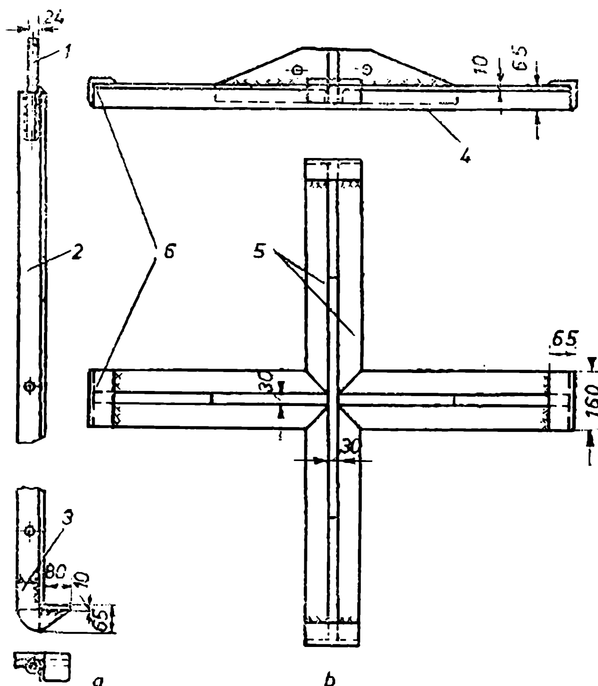


Fig. 5.4. Dispozitiv pentru scoaterea și montarea înfășurărilor:
a — gheară; *b* — cruce;
1 — prezon; *2* — tija ghearei din cornier; *3* — placă pentru întărirea ghearei; *4* — nervură; *5* — cornierele crucii; *6* — corniere laterale de consolidare.

● **Demontarea radiatoarelor** (cele detaşabile). Ele se scot după scoaterea părţii active. Mai întîi se închid robinetele radiatoarelor, se deşurubează cele patru piuliţe ale flanşei inferioare şi ale celei superioare. Se deplasează radiatorul cu atenţie de pe prezoane, se ridică, se transportă şi se aşază pe podea. Pe flanşele radiatoarelor se montează fie flanşe oarbe, fie dopuri de lemn.

b. Repararea miezului magnetic

După curăţirea miezului magnetic, se efectuează un control minuţios al tolelor din coloane şi jug, privind starea lor, cît şi starea izolaţiei acestora.

Izolaţia de lac defectă, la despachetarea tolelor cade total sau parţial. Izolaţia de hîrtie dintre tole, la despachetare se sfărîmă, iar cea care rămîne pe tole devine casantă, de culoare neagră.

Dacă la verificarea directă a stării tolelor şi a izolaţiei lor nu se constată urme de incendiu sau scurtcircuite locale, trebuie să se efectueze încercări speciale, în care scop jugul superior se împachetează din nou şi se presează pînă la dimensiunile normale.

Pentru precizarea stării izolaţiei între tole se efectuează următoarele încercări:

— **măsurarea pierderilor în gol,** folosindu-se o înfăşurare de control, care să asigure magnetizarea completă a miezului (adică inducţia la care este calculat miezul), aşezată pe coloanele miezului peste care în prealabil se înfăşoară foi de carton de preşpan cu grosimea de 2 mm şi se fixează cu bandă groasă de bumbac. Se alimentează cu tensiunea de 380/220 V şi se măsoară P_0' (pierderile în gol). Apoi se scurtcircuitează tolele marginale ale miezului, pe suprafaţa exterioară, cu un conductor şi se măsoară din nou P_0''. Dacă starea izolaţiei între tole este satisfăcătoare atunci

$$\frac{P_0' - P_0''}{P_0} \cdot 100 \leqslant 1 \ldots 2\%;$$

— **măsurarea tensiunii între tolele marginale şi pachetele miezului magnetic** (v. fig. 5.5), înfăşurarea de control fiind sub tensiune. Lipsa unei tensiuni între pachete indică o regiune în care există tole scurtcircuitate. Locul precis de scurtcircuitare se stabileşte prin examinare la demontarea pachetelor care intră în regiunea defectă;

— **măsurarea rezistenţei în c.c. a izolaţiei între tolele diferitelor pachete,** conform figurii 5.6.

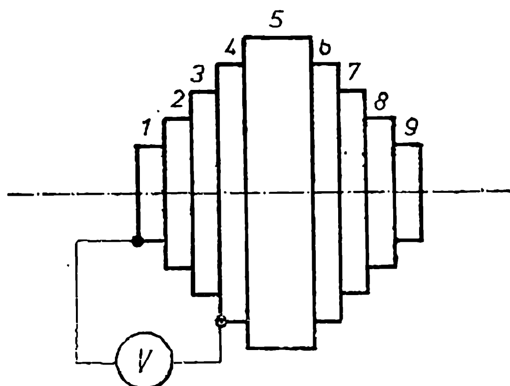


Fig. 5.5. Schema de măsurare a tensiunii pe pachetele miezului magnetic.

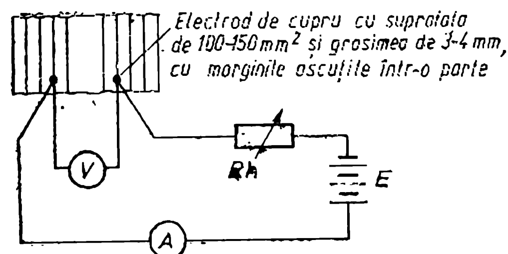


Fig. 5.6. Schema de măsurare a rezistenţei în c.c. a pachetelor separate ale miezului magnetic:
E — baterie acumulatoare, 2 V; *Rh* — reostat cu cursor 10— 100 Ω, 5 A; *A* — ampermetru de c.c., 5 A; *V* — voltmetru de c.c., 25 V.

Fixîndu-se un curent de 2—2,5 A, se determină rezistența diferitelor pachete cu relațiile:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_0}{I}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I} \text{ etc.} \tag{5.5}$$

Rezistențele trebuie să fie aproximativ egale, pentru pachetele simetrice. Se calculează apoi rezistența specifică a izolației între tolele fiecărui pachet cu relația:

$$\rho_0 = \frac{R}{nF} \tag{5.6}$$

în care:

R este rezistența măsurată;
F — aria tolei, în cm²;
n — numărul de tole în pachet.

Valoarea lui ρ_0 trebuie să fie de ordinul 50—60 Ω/cm². Dacă starea izolației tolelor este nesatisfăcătoare, se reface izolația numai pentru acea parte de tole unde a avut loc supraîncălzirea miezului sau scurtcircuitul local și arderea tolelor de oțel. În acest caz, se demontează numai pachetele deteriorate, se îndepărtează de pe tolele arse metalul depus și bavurile, se usucă restul de ulei de pe tole, se lăcuiesc locurile golite cu ajutorul unor cîrpe de in, într-un sens apoi în sens perpendicular și se coc. În cazul lipsei unui cuptor de uscare, se confecționează după dimensiunile tolelor o ladă metalică, pe fundul căreia se montează o ramă cu încălzitoare electrice. Se sudează niște montanți verticali pe o placă de oțel, așezată la o mică distanță de încălzitoarele electrice, între care apoi se așază tolele, astfel încît să nu se atingă între ele. La remontarea pachetului, se așază alternativ tole recondiționate și tole nedeteriorate.

c. Repararea înfășurărilor

Înfășurările sînt cele mai afectate părți ale transformatorului, în cazul apariției unui defect în timpul exploatării acestuia. Ele suferă deteriorări ale conductorului, desfaceri de pe bobină, întreruperi sau contacte între diversele spire ale înfășurării, alterarea izolației pînă la arderea ei etc.

Pentru remedieri, înfășurările transformatorului sînt supuse unei tehnologii de reparație care constă în:

— scoaterea înfășurărilor de pe miezul magnetic (vezi demontarea părții active);
— scoaterea izolației de pe conductor, îndepărtarea porțiunilor deteriorate de conductor și lipirea capetelor;
— reizolarea conductorului vechi;
— rebobinarea înfășurărilor;
— uscarea, presarea, impregnarea și coacerea înfășurărilor;
— remontarea înfășurărilor pe coloanele miezului magnetic.

● Pentru **scoaterea izolației** de pe conductor, acesta se trece printr-o clemă corespunzătoare secțiunii conductorului. Simultan, conductorul se îndreaptă, ciocănindu-l cu un ciocan de lemn pe un bloc de lemn și se șterge prin apăsare cu cîrpe. Dacă izolația se curăță greu și în special, cînd conductorul este ecruisat (întărit), colacii de conductor se recoc în cuptoare la 550—600°C. În lipsa acestora, se utilizează focul pe vatră, momentul scoaterii din

foc fiind indicat de culoarea vişiniu închis pe care o capătă cuprul. Atunci el este scos din foc şi răcit în aer pînă la temperatura mediului ambiant.

Cînd se descoperă în conductor goluri, găuri etc., porţiunile respective se taie, iar capetele conductorului se lipsesc prin suprapunere, cu aliaj de argint. Lipirea se face cu cleştele electric, capetele fiind în prealabil prelucrate pentru lipire.

Pentru controlul calităţii lipiturilor, acestea se verifică atît mecanic cît şi electric (se măsoară rezistenţa de contact).

● **Reizolarea conductorului** se face manual sau cu maşini de izolat (dacă există în dotarea atelierului). Pentru izolare se utilizează hîrtie de cablu (STAS 5649), cu grosimea de 0,05 mm. Pentru ultimul strat de hîrtie este recomandabil să se utilizeze o hîrtie cu grosimea de 0,12 mm, mai ales la conductoarele de secţiune dreptunghiulară. Numărul de straturi de hîrtie cu care se izolează conductorul (şi deci grosimea izolaţiei rezultate) trebuie să corespundă grosimii izolaţiei vechi de pe conductor. Izolaţia normală a conductorului pentru gama de tensiuni 6 ... 20 kV este formată din două straturi „jumătate acoperit sau petrecut" din hîrtie de 0,05 mm şi un strat cap la cap din hîrtie de 0,12 mm, ceea ce corespunde unei grosimi a izolaţiei conductorului pe ambele părţi de 0,64 mm.

Productivitatea izolării cu maşina de izolat este de 6—8 ori mai mare decît a izolării manuale.

Dacă nu există maşină de izolat, atunci se procedează astfel: se introduce în tamburul cu conductorul curăţat şi îndreptat o ţeavă de oţel şi tamburul se aşază pe capre de lemn. La distanţe de 10—12 m se aşază alţi tamburi goi, tot pe capre. Conductorul se desfăşoară pe distanţa menţionată şi capătul său se fixează pe tamburul gol. Apoi conductorul se întinde între cele două tambure şi se aşază între acestea piedici, pentru cu tamburele să nu se rotească şi să slăbească întinderea conductorului. Înainte de a trece la izolare, se pregăteşte hîrtia, tăind-o în benzi cu lăţimea de 15—20 mm şi depănînd-o în rulouri.

Lucrătorul şterge conductorul cu o cîrpă curată, ia ruloul şi începe să izoleze aşezînd mai întîi primul strat, „jumătate acoperit", parcurgînd tot tronsonul (distanţa între două tambure), iar apoi cel de-al doilea strat şi aşa mai departe.

Este necesar să se aşeze izolaţia cît mai strîns, tot timpul netezind-o şi întinzînd hîrtia cu mîna, astfel ca un strat să adere de celălalt şi să rezulte o izolare fără goluri, întreruperi sau încreţituri. Cînd se termină o bandă (rulou), noua fişie de hîrtie se îmbină cu cea precedentă prin suprapunerea sfîrşitului uneia cu începutul celeilalte. Ajungînd la sfîrşitul tronsonului, capătul benzii de hîrtie se lipseşte cu lac de bachelită şi se leagă cu o bucăţică de bandă. Cînd tronsonul este complet izolat, acesta se înfăşoară pe tambur, aşezînd strîns o spiră lîngă alta.

● **Rebobinarea înfăşurărilor.** Transformatoarele de putere aduse la reparat pot avea înfăşurări de diverse tipuri (continue, spiralate, în galeţi, bobine spiralate scurte etc.). Deoarece în posturile de transformare ale consumatorului sînt utilizate numai transformatoare cu caracteristicile tehnice date la începutul subcapitolului 5.B, în continuare se va prezenta tehnologia rebobinării înfăşurării cilindrice în două straturi (pentru înfăşurarea de joasă tensiune) şi a înfăşurării cu bobine stratificate (pentru înfăşurarea de înaltă tensiune).

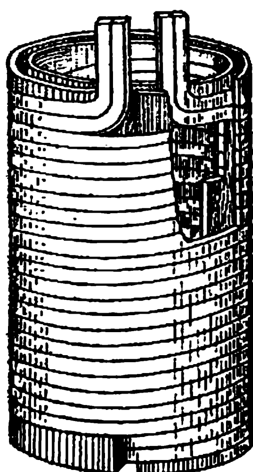


Fig. 5.7. Bobină cilindrică în două straturi.

Bobina cilindrică în două straturi se execută din conductoare cu secțiune dreptunghiulară, cu unul sau mai multe conductoare în paralel. În figura 5.7 este reprezentată o bobină cilindrică în două straturi cu două conductoare în paralel. Între cele două straturi sînt prevăzute distanțatoare axiale, care formează canalele axiale de răcire. Bobinarea se execută pe șabloane sau direct pe cilindrul de pertinax, care constituie izolația față de miezul transformatorului. În acest caz, cilindrul de pertinax se fixează pe șablonul de bobinare. După fixarea șablonului pe mașina de bobinat, conductorul se trece prin filiera de întindere, se îndoaie capătul conductorului la 90°, lăsîndu-se lungimea necesară liberă și se fixează de discul șablonului cu o menghină de mînă. De prima spiră se fixează pana egalizatoare de carton preșpan, prin bandajare cu bandă de bumbac. În timpul bobinării se verifică calitatea izolației pe măsură ce conductorul se desfășoară de pe tambur, refăcîndu-se izolația deteriorată pe diferitele porțiuni cu bandă de hîrtie de cablu sau de bumbac. Consolidarea spirelor se face cu o fîșie de bandă groasă de bumbac, care face o buclă peste prima spiră, iar capetele sînt trecute alternativ de la o spiră la alta, una prin exterior și alta prin interior. Pentru aceasta, la așezarea fiecărei spire, unul din capetele benzii de bumbac se întinde pe șablon, iar celălalt se răstoarnă peste spirele deja bobinate și apoi la spira următoare se schimbă invers.

După așezarea primului strat de spire, se așază distanțoarele longitudinale pentru realizarea canalelor de răcire. Al doilea strat se bobinează la fel cu primul, iar ultima spiră se consolidează, strîngîndu-se bobina la exterior cu bandă groasă de bumbac.

Bobinele stratificate, utilizate pentru înfășurarea de medie tensiune, se execută cu conductor izolat cu bumbac sau hîrtie de cablu. Ele se bobinează pe șablon, pe cilindrul de pertinax, sau direct peste înfășurarea de joasă tensiune. În ultimul caz, pe mașina de bobinat se așază direct bobina de joasă tensiune pe șablonul ei și se înfășoară la exterior cilindrul din carton preșpan, care se consolidează cu banda de bumbac. Pe cilindrul izolant se așază distanțoarele longitudinale, care se consolidează cu bandă de bumbac. Dacă bobina stratificată este cu doi galeți, se așază și inelul de distanțare dintre galeți. Prima spiră se supraizolează cu un strat jumătate acoperit de hîrtie de cablu sau bandă de bumbac și se începe bobinarea, consolidîndu-se spirele marginale cu o buclă de bandă de bumbac, avînd capetele trecute alternat la exterior și la interior de la o spiră la alta.

După bobinarea primului strat, se așază izolația între straturi din hîrtie de cablu, consolidîndu-se spirele marginale cu hîrtie, peste care se trec spirele stratului următor, ca în figura 5.8.

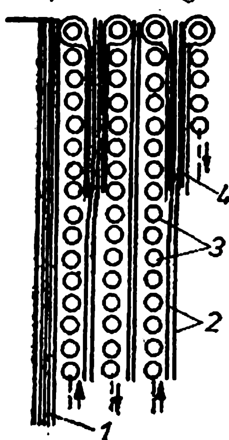


Fig. 5.8. Consolidarea cu hîrtie a spirelor marginale la înfășurarea cilindrică stratificată:

1 — cilindru de pertinax; *2* — izolația dintre straturi; *3* — conductor; *4* — hîrtie de cablu pentru consolidarea spirelor marginale.

Prizele pentru reglaj se scot sub formă de buclă de 100 mm lungime şi se supraizolează cu două straturi „jumătate acoperit" cu hîrtie de cablu sau bumbac.

● După confecţionarea înfăşurărilor urmează **uscarea, presarea definitivă, impregnarea şi coacerea.** Aceste operaţii, la întreprinderile constructoare se efectuează în cuptoare cu vid, speciale. La locurile de reparaţie, de regulă, aceste operaţii se fac în cuva transformatorului, realizînd încălzirea prin metoda pierderilor prin inducţie în pereţii cuvei. În acest scop, pe pereţii cuvei se aplică o înfăşurare de magnetizare, alimentată la tensiunea de 220—380 V c.a. Curentul alternativ ce trece prin această înfăşurare creează un flux magnetic alternativ, care determină în pereţii cuvei de oţel apariţia curenţilor turbionari, care încălzesc cuva, iar căldura degajată încălzeşte înfăşurarea aşezată în cuvă.

Înainte de coborîrea înfăşurării în cuvă, aceasta se curăţă în interior minuţios, se îndepărtează rămăşiţele de ulei, se şterge cu o cîrpă uscată care nu lasă scame. Înfăşurarea se coboară apoi în cuvă, se pun borne provizorii de trecere pe garniturile de etanşare de pe capac şi se închide cuva cu capacul ei (ermetic).

Înainte de închidere, se instalează termocupluri sau termometre cu rezistenţă în interior, iar în exterior termometre. Se recordează cuva la o instalaţie de vid, conform schemei din figura 5.9.

Înfăşurarea se usucă la temperatura de 100—120°C, timp de 6—12 ore; ridicarea temperaturii (prin variaţia numărului de spire) se face în ritmul de 40°C/oră.

Înfăşurarea se scoate, se răceşte pînă la 70°C, se presează pînă la dimensiunea dorită şi se impregnează cu lac într-o baie. Apoi, înfăşurarea se scoate din baie cu macaraua, ţinîndu-se 20—30 min deaspura pînă se scurge surplusul de lac şi se introduce din nou în cuvă pentru coacere, operaţie care se face la o temperatură de 105—120°C, timp de 8 h.

După terminarea coacerii, cînd pelicula de lac nu mai este lipicioasă, înfăşurarea se scoate din cuvă şi se instalează pe un suport de traverse.

Uscarea, impregnarea şi coacerea se fac într-o încăpere bine ventilată, iar muncitorii trebuie să poarte mănuşi, încălţăminte închisă şi să aibă capul acoperit. În încăpere nu trebuie să se fumeze şi nici să se efectueze lucrări cu foc deschis.

● **Remontarea înfăşurărilor pe miezul magnetic.** Remontarea se face după releveul întocmit la demontarea înfăşurărilor. Înainte de a se monta bobinele, se examinează fiecare în parte pentru a se constata lipsa deteriorărilor izolaţiei spirelor, aşezarea corectă şi uniformă a distanţelor pe peri-

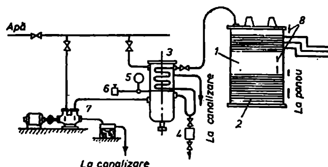


Fig. 5.9. Schema instalaţiei de vid pentru uscare sub vid:
1 — transformator; *2* — înfăşurare de magnetizare; *3* — condensator de vapori; *4* — colector condens; *5* — vacuummetru; *6* — ventil de reducere; *7* — pompă de vid; *8* — termometre.

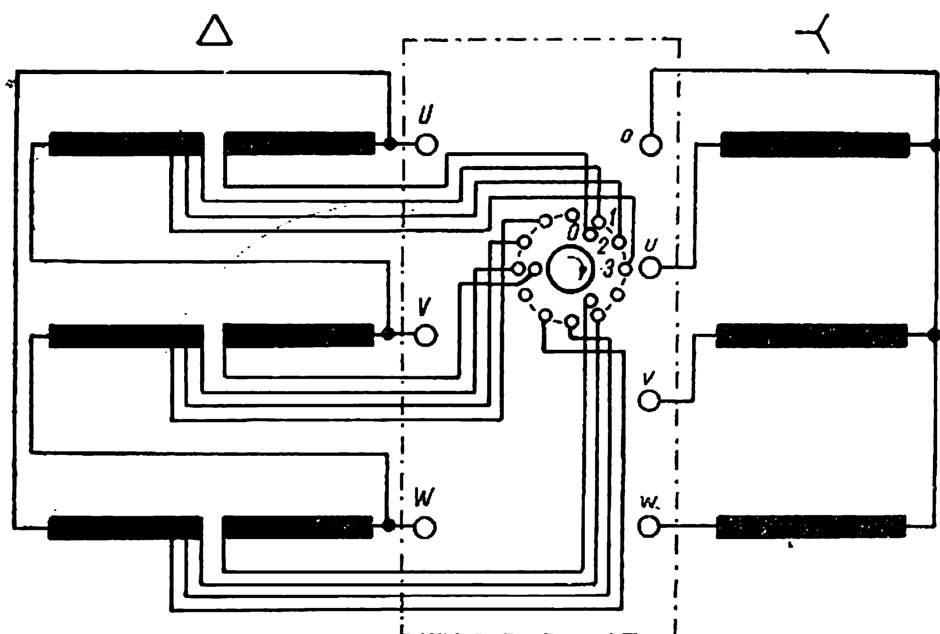


Fig. 5.10. Schema conexiunilor la transformator.

ferie şi pe înălţime, lipsa piliturii metalice şi a obiectelor străine, lipsa deplasării spirelor. Înfăşurarea, verificată astfel, se ridică deasupra miezului magnetic, pregătit în prealabil, la o distanţă mai mare decît coloana pe care se face instalarea ei, manevrînd apoi astfel macaraua, ca axa înfăşurării să coincidă cu axa coloanei. Se coboară apoi înfăşurările (lîngă miez se aşază cea de joasă tensiune, apoi, peste ea, cea de înaltă tensiune). În timpul montării, trebuie urmărită cu atenţie aşezarea înfăşurărilor de înaltă tensiune cu capetele orientate în partea necesară, cu prizele de reglare aşezate conform desenului anexat fişei tehnologice.

În figura 5.10 este indicată schema legăturilor (în Δ pe partea de înaltă tensiune şi cu prize reglabile; în Y_0 pe partea de joasă tensiune). După montare, partea activă este supusă unei operaţii de uscare, în modul arătat la uscarea înfăşurărilor.

d. Remontarea transformatorului

După asamblarea părţii active, sînt revizuite, reparate şi pregătite pentru montare toate părţile exterioare ale transformatoarelor, adică: cuva, conservatorul de ulei, expandorul, radiatoarele, capacul, bornele, comutatorul, instrumentele de măsură, robinetele, roţile garniturile de etanşare etc.

Urmează **asamblarea transformatorului**, constînd din următoarele operaţii principale:

— montarea conservatorului şi a expandorului;
— instalarea garniturilor de etanşare;
— montarea radiatoarelor, robinetelor, roţilor;
— ridicarea părţii active şi coborîrea ei în cuvă;

— instalarea capacului, cu toate piesele remontate pe el;
— umplerea transformatorului cu ulei şi verificarea etanşeităţii garniturilor;
— vopsirea exterioară a transformatorului.

● **Uleiul pentru umplere** trebuie să fie pregătit în prealabil într-o cantitate suficientă, uscat şi verificat chimic şi electric prin:
— determinarea rigidităţii dielectrice (valoare minimă 120 kV/cm);
— determinarea densităţii relative la +20°C (sub 0,89);
— determinarea punctului de inflamabilitate (minimum 140°C);
— determinarea viscozităţii la +20°C (maximum 5°E);
— determinarea acidităţii organice şi minerale şi a alcalinităţii;
— determinarea conţinutului de cenuşă, impurităţi mecanice;
— determinarea punctului de congelare (—15°C);
— determinarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg $\delta \leqslant 2\%$ la 20°C).

4. Încercările transformatorului după reparare

Scopul acestor încercări este de a controla calitatea reparaţiei şi de a preciza parametrii transformatorului reparat. Aparatele de măsurat trebuie să aibă clasa de precizie 0,2 sau 0,5. În timpul încercărilor trebuie luate toate măsurile de *NTS* indicate în subcapitolul 5D. Spaţiul unde se efectuează încărcările trebuie să fie îngrădit, iar împrejur trebuie afişate plăcuţe avertizoare. Conectarea şi deconectarea tensiunii la încercări trebuie să fie făcută cu mănuşi de cauciuc şi numai la comanda conducătorului încercării.

Încercările transformatorului trebuie să se efectueze în următoarea succesiune:
— măsurarea rezistenţelor de izolaţie a înfăşurărilor*;
— verificarea raportului de transformare;
— verificarea grupei de conexiuni a înfăşurărilor;
— verificarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei la frecvenţa industrială*;
— încercarea de scurtcircuit;
— încercarea de mers în gol;
— măsurarea rezistenţelor înfăşurărilor în c.c.*;
— măsurarea unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) a înfăşurărilor şi bornelor (izolatoarelor de trecere);
— determinarea raportului $\frac{C_2}{C_{20}}$.

a. Măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor şi a coeficientului de absorbţie R_{60}/R_{15}

Se măsoară:
— cu megohmmetrul de 1 000 V la înfăşurările de joasă tensiune;
— cu megohmmetrul de 2 500 V la înfăşurările de înaltă tensiune.

---

* Efectuarea acestor măsurări este cunoscută elevilor de la disciplina „Măsurări electrice şi electronice".

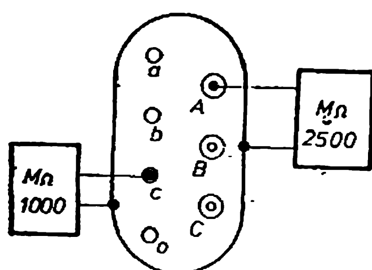


Fig. 5.11. Montaj pentru măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor transformatorului.

Rezistența de izolație se măsoară între fiecare înfășurare și masă și între înfășurări (v. fig. 5.11). Indicațiile megohmmetrului se citesc după 15 și 60 s. Raportul acestor citiri, R_{60}/R_{15} se numește **coeficient de absorbție**, fiind unul dintre criteriile de stabilire a gradului de umiditate a înfășurărilor. Valorile măsurărilor se compară cu cele indicate de întreprinderea constructoare.

Coeficientul de absorbție trebuie să fie

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geqslant 1{,}3.$$

b. Verificarea raportului de transformare

Se face pe toate fazele și pe toate prizele transformatorului. Pe partea de înaltă tensiune, unde nu se poate măsura tensiunea de fază (conexiunea de regulă este Δ), se face măsurarea tensiunii între faze ($U_1 = \sqrt{3}U_f$). Raportul de transformare nu trebuie să difere de cel indicat de întreprinderea constructoare cu mai mult de 0,5%.

Raportul de transformare se determină cu ajutorul montajului din figura 5.12 și valoarea sa se obține făcînd raportul între tensiunea fazei din primar și cea din secundar (măsurată la bornele omoloage), la mersul în gol al transformatorului, trecînd comutatorul de prize prin toate pozițiile sale.

c. Verificarea grupei de conexiuni

Se face conform montajului din figura 5.13. Se scurtcircuitează bornele $A - a$ și se alimentează bornele de înaltă tensiune cu o tensiune de 200 ... ... 400 V, măsurîndu-se pe rînd, tensiunile între bornele: $b - B$, $b - C$, $c - B$, $c - C$.

Luîndu-se o anumită scară pentru tensiuni, se trasează topograma tensiunilor între faze de pe primar (triunghiul echilateral mare) și cu vîrful compasului în B și cu deschiderea $b - B$ se trasează un arc de cerc; apoi cu vîrful compasului în C și cu deschiderea $b - C$ se trasează cel de-al doilea arc de cerc; intersecția lor determină vîrful b al triunghiului tensiunilor din secundar. În mod analog, se determină și vîrful c, vîrful a fiind suprapus peste A. Măsurînd cu raportorul unghiul α dintre două laturi omoloage din primar și secundar (de exemplu $A - B$ și $a - b$) se determină grupa de conexiuni.

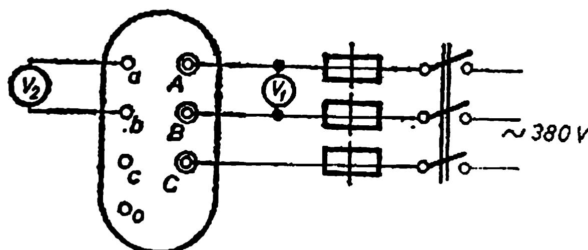


Fig. 5.12. Montaj pentru măsurarea raportului de transformare:

$$K = \frac{V_1}{V_2}.$$

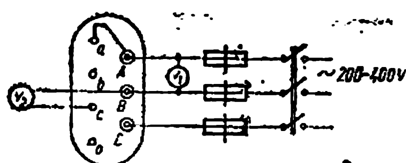


Fig. 5.13. Montaj pentru determinarea grupei de conexiuni a transformatorului (conexiuni).

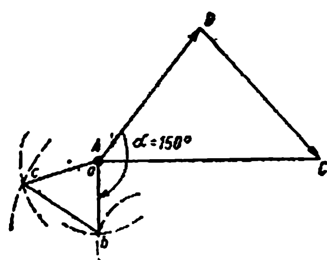


Fig. 5.14. Topograma tensiunilor.

împărțind această valoare a unghiului la 30° $\left(\text{grupa de concsiuni} = \frac{\alpha}{30°}\right)$.

Un exemplu al modului de deducere a grupei de conexiuni este redat în figura 5.14 (Δ/Y5).

d. Verificarea rigidității dielectrice a izolației transformatorului

Această încercare are drept scop verificarea izolației unei înfășurări față de masă sau față de alte înfășurări și a izolației între spire și părțile unei aceleiași înfășurări. Proba se execută după trecerea a cel puțin 3 ore de la umplerea cu ulei a transformatorului.

Verificarea rigidității dielectrice a izolației se face în două feluri:

— **cu tensiune aplicată;**

— **cu tensiune indusă.**

În figura 5.15 este arătată prima metodă, fiind cea mai utilizată pentru transformatoarele de putere din dotarea consumatorilor. Tensiunea de încercare se aplică în modul următor; se aplică brusc 50 % din valoarea tensiunii de încercare, apoi treptat, pînă se atinge valoarea tensiunii de încercare; acesta se menține un minut, apoi se scade treptat pînă la zero.

Transformatorul se consideră bun, dacă în timpul probelor nu se produc conturări sau străpungeri, care se manifestă atît prin zgomote caracteristice, cît și prin oscilarea pronunțată a acelor aparatelor de măsură.

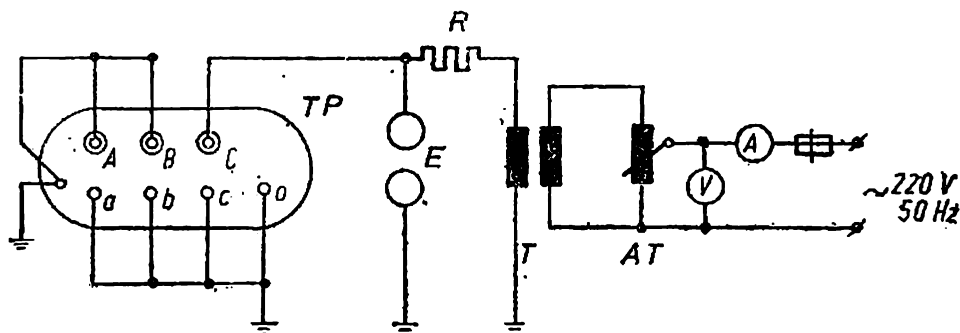


Fig. 5.15. Montaj pentru verificarea rigidității dielectrice a izolației transformatorului prin metoda tensiunii aplicate:

TP — transformatorul de încercat; T — transformator ridicător; AT — autotransformator reglabil; E — eclator; R — rezistență de protecție.

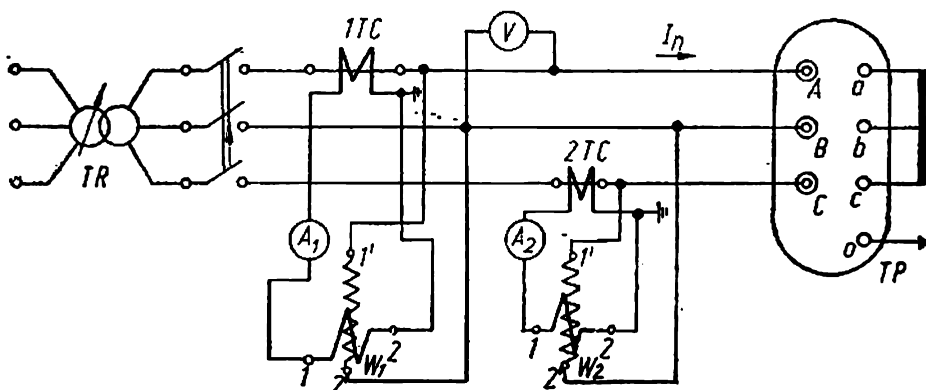


Fig. 5.16. **Montaj pentru încercarea în scurtcircuit a transformatorului:**
TR — transformator trifazat reglabil; *1TC*, *2TC* — transformatoare de curent; W_1, W_2 — wattmetre; A_1, A_2 — ampermetre; *TP* — transformator de încercat.

e. Încercarea de scurtcircuit

Se face cu scopul de a verifica tensiunea procentuală de scrutcircuit $u_{sc}\%$ şi pierderile în scurtcircuit P_{sc}.

Montajul este cel indicat în figura 5.16. Tensiunea aplicată se creşte treptat, pînă cînd indicaţiile ampermetrelor ating valoarea curentului nominal. În acest moment se citesc: tensiunea de scurtcircuit U_{sc} în V şi P_{sc} în W (prin metoda celor două wattmetre).

Tensiunea procentuală de scurtcircuit se determină cu relaţia:

$$u_{sc}[\%] = \frac{U_{sc}}{U_n} 100. \tag{5.7}$$

Valorile măsurărilor se compară cu cele înscrise în fişa tehnică a transformatorului.

f. Încercarea de mers în gol

Se face cu scopul de a determina curentul procentual de mers în gol $i_0[\%]$ şi pierderile de mers în gol P_0, în W.

Montajul este cel indicat în figura 5.17. Se aplică tensiunea nominală pe partea de joasă tensiune, bornele de înaltă tensiune fiind în gol (la un potenţial ridicat şi deci încercarea se face cu respectarea măsurilor de *NTS* pentru instalaţia sub tensiune periculoasă).

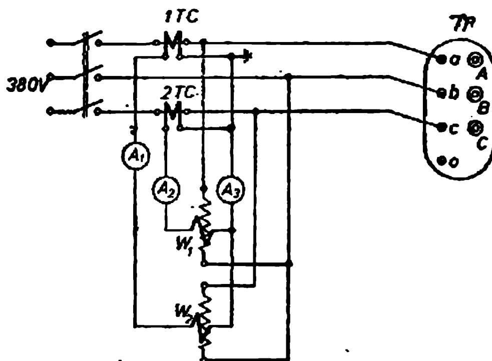


Fig. 5.17. **Montaj pentru încercarea în gol a transformatorului:**
TP — transformator de încercat; *1TC* *2TC* — transformatoare de curent; A_1, A_2, A_3 — ampermetre; W_1, W_2 — wattmetre.

Se citesc: valoarea curentului $I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$ (media aritmetică a indicațiilor celor trei ampermetre) și p_0 (prin metoda celor două wattmetre).

Curentul procentual de mers în gol se determină cu relația:

$$i_0[\%] = \frac{I_0}{I_n} \cdot 100. \qquad (5.8)$$

Valorile măsurărilor se compară cu cele din fișa tehnică a transformatorului.

g. Măsurarea rezistențelor înfășurărilor în c.c.

Se face cu ajutorul punții duble *Thomson*, punți universale *Wheatstone*, sau prin metoda ampermetrului și voltmetrului.

Rezistența se măsoară pe fiecare înfășurare, pe fiecare fază și pe fiecare priză.

Rezistențele înfășurărilor diferitelor faze pe același plot nu trebuie să difere între ele, sau față de datele prevăzute de întreprinderea constructoare cu mai mult de 2%.

La măsurarea prin metoda ampermetrului și voltmetrului (fig. 5.18) se procedează astfel: se scoate reostatul R_2 și se introduce R_1; apoi se conectează K și se stabilește valoarea curentului în limitele scalei aparatului (datorită inductanței înfășurării transformatorului, apare o întîrziere de ordinul a cîtorva zeci de secunde în stabilizarea valorii curentului în circuit). Milivoltmetrul se conectează numai după ce acul ampermetrului rămîne stabil, prin cheia K_1, în amonte *2* sau în aval *1* de ampermetru, după cum rezistența înfășurării R_x este $R_x > \sqrt{r_A r_v}$ sau $R_x < \sqrt{r_A r_v}$, unde r_A este rezistența ampermetrului, iar r_x rezistența volmetrului.

Valoarea lui R_x este $R_x = \frac{V}{I}$. Deoarece măsurările dau rezistențele de linie, se recalculează rezistențele pe fază ale înfășurărilor R_f cu relațiile:

— în cazul conexiunii Y:

$$R_f = \frac{R_x}{2};$$

— în cazul conexiunii Δ;

$$R_f = \frac{3}{2} R_x. \qquad (5.9)$$

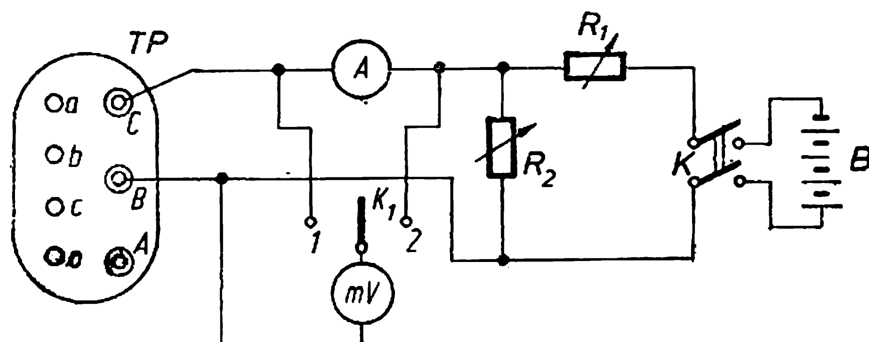


Fig. 5.18. **Montaj pentru măsurarea rezistenței în c.c. a înfășurărilor transformatorului:**
TP — transformatorul de încercat; *B* — baterie; R_1, R_2 — rezistențe reglabile; K_1 — comutator cu două poziții; *A* — ampermetru; *mV* — milivoltmetru.

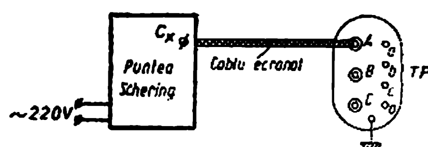


Fig. 5.19. Montaj pentru determinarea tg δ la transformatorul de putere.

h. Măsurarea tg δ a izolației înfășurărilor

Această măsurare (fig. 5.19) se efectuează cu puntea *Schering* (a se revedea manualul „Măsurări electrice și electronice"). Puntea, avînd tensiunea de 10 kV, este utilizată numai pe partea de înaltă tensiune a transformatorului. Tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) servește drept criteriu pentru stabilirea gradului de umiditate a înfășurărilor. Aceasta nu trebuie să depășească cu mai mult de 30% valoarea dată de întreprinderea constructoare.

i. Determinarea raportului $\frac{C_2}{C_{50}}$

În afară de coeficientul de absorbție $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ și de tg δ, un alt criteriu pentru aprecierea umezelii înfășurărilor îl constituie și raportul capacităților la frecvențele de 2 și 50 Hz, adică $\frac{C_2}{C_{50}}$. Măsurarea se face cu ***dispozitivul pentru controlul umidității***, conform instrucțiunilor de folosire a acestuia. Înainte de măsurarea raportului $\frac{C_2}{C_{50}}$, trebuie să se măsoare rezistența de izolație a înfășurării transformatorului, deoarece la valori reduse ale acesteia dispozitivul dă erori inacceptabile (spre exemplu, la 15 MΩ, eroarea devine 10%; la 1 MΩ utilizarea este interzisă).

C. MAȘINILE ELECTRICE

Pentru antrenarea diverselor utilaje tehnologice sînt folosite: motoare asincrone de joasă tensiune pînă la puteri de 100 kW și de medie tensiune (6 ... 10 kV) la puteri mari, motoare sincrone (justificate numai pentru puteri mari și funcționare fără șocuri și fără grad mare de iregularitate, existînd pericolul ieșirii lor din sincronism), motoare de curent continuu cu excitație serie, derivație sau mixtă).

În cele ce urmează se vor analiza exploatarea și repararea motoarelor asincrone de joasă tensiune și a celor de c.c., ele fiind frecvent întîlnite în atelierele și secțiile întreprinderilor industriale și pe care este autorizat să le exploateze electricianul de întreținere și reparații.

1. Exploatarea mașinilor electrice

Exploatarea corectă a mașinilor electrice constă în supravegherea încălzirii și a încărcării normale, în curățarea și ungerea regulată, în înlăturarea scînteilor de la colector.

Zona controlată trebuie extinsă pe întreg circuitul de forță (siguranțele, releele termice, conductoarele, legăturile electrice, celelalte dispozitive cu care este dotat respectivul circuit), deoarece la o defecțiune pe circuit, motorul electric este scos din funcțiune.

Presupunînd o alegere corectă a puterii nominale a motorului, a secțiunii conductoarelor și a elementelor de protecție (siguranțe, relee)* se impune cunoașterea unor probleme tehnico-economice în exploatarea motoarelor asincrone trifazate.

a. Menționarea valorii tensiunii, în limitele admise de norme, la bornele motorului

În figura 5.20 se arată modul de scădere a cuplului activ la scăderea tensiunii. Presupunînd cuplul rezistent $M_{rez} = ct$, funcționarea motorului are loc în punctul $A(M_a = M_{rez};\ s = s_A)$. Dacă tensiunea scade la U_2, motorul funcționează în A' (cu o alunecare mai mare, respectiv cu o turație mai mică).

Dacă tensiunea scade la U_3, motorul nu mai poate funcționa, deoarece $M_a < M_{rez}$. În acest ultim caz, turația scade la zero, și mașina intră în regimul de motor cu rotorul calat (regim de scurtcircuit) ceea ce determină protecția să acționeze pentru decuplarea lui de la rețea.

b. Influența gradului de încărcare al motorului asupra factorului de putere

Regimul real de încărcare a mașinilor electrice diferă mult de regimul nominal, în sensul că puterea absorbită este mai mică decît cea pentru care ele au fost dimensionate a funcționa, din cauza, pe de o parte, a dificultății de a se adapta puterea nominală a motoarelor electrice la puterea nominală a utilajelor antrenate de acestea (datorită treptelor de putere standardizate ale motoarelor electrice), iar pe de altă parte datorită regimului de lucru variabil al utilajelor.

În figura 5.21 este arătat modul de viariație al factorului de putere la conexiunea Δ a înfășurărilor ($\cos \varphi_\Delta$) cu încărcarea motorului $\left(\frac{P}{P_n}\right)$, din care se deduce că, la sarcini reduse, factorul de putere este redus, impunînd chel-

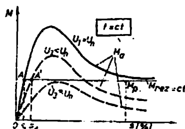


Fig. 5.20. Variația cuplului activ cu tensiunea la motorul asincron trifazat.

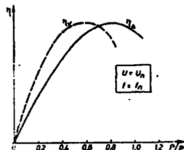


Fig. 5.21. Variația factorului de putere al motorului asincron trifazat cu sarcina

* A se vedea cap. 1 al acestui manual.

tuieli pentru ameliorarea lui. Pentru a îmbunătăţi situaţia, la motoarele care funcţionează cu sarcini reduse, dar au şase borne accesibile, cu tensiunea înfăşurării egală cu tensiunea de linie a reţelei, se pot monta comutatoare Y/Δ şi se trece din Δ în Y în situaţiile cînd sarcina scade. În acest caz, curba factorului de putere îşi deplasează maximul sppre valorile mici de sarcină (a se vedea curba cos φ_Y din figura 5.21).

c. Influenţa gradului de încărcare al motorului asupra randamentului

În figura 5.22 se indică modul de variaţie a randamentului cu sarcina în două variante: conexiunea în Y şi conexiunea în Δ a înfăşurărilor aceluiaşi motor.

Maximul randamentului la conexiunea Y este deplasat spre încărcarea mică a motorului. De aici rezultă că la sarcini reduse este economic (pierderi micşorate) să se comute conexiunea înfăşurărilor motorului din Δ în Y, dacă există această posibilitate (motorul are accesibile cele şase borne şi s-a montat un comutator Δ/Y pe circuit).

2. Întreţinerea motoarelor electrice

În scopul prevenirii unor deranjamente sau incidente de exploatare în timpul funcţionării motoarelor electrice, electricianul de tură consemnează micile defecţiuni constatate în timpul serviciului său şi dacă nu le-a putut înlătura din cauze obiective, le trece în caietul de sarcini ale echipei de intervenţie, care execută revizia tehnică (*RT*) în timpul opririi de scurtă durată a utilajului acţionat de respectiva maşină electrică. Revizia tehnică se extinde pe întregul circuit de forţă, începînd cu tabloul electric din care se alimentează circuitul.

Lucrările care se execută cu ocazia unei revizii tehnice a motoarelor electrice sînt:

— verificarea stării siguranţelor (patron, fuzibile, legături);

— verificarea stării releelor de protecţie (reglaj, borne, legături) şi a dispozitivelor automate;

— verificarea stării conductoarelor (izolaţia conexiunilor);

— curăţarea fără demontare a inelelor, colectorului, portperiilor, înfăşurărilor, precum şi suflarea canalelor de ventilaţie în locurile accesibile;

— verificarea fixării prin buloane, şuruburi şi strîngerea piuliţelor de la fundaţie, de la căpăcele, scuturi, de la mecanismul portperiilor şi de la instalaţia de legare la pămînt;

— verificarea transmisiei mişcării (şaiba de transmisie a pinionului sau cuplei);

— verificarea portperiilor şi periilor (reglarea presiunii periilor, înlocuirea celor uzate, şlefuirea lor, reglarea distanţei dintre portperie şi colector sau inel colector);

— verificarea lagărelor (lipsa zgomotului şi a supraîncălzirii lor, lipsa începutului de grupare).

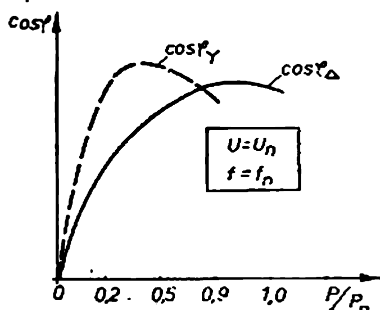


Fig. 5.22. Variaţia randamentului motorului asincron trifazat cu sarcina.

Micile defecţiuni neremediate la timp pot conduce la grave deranjamente.

La apariţia unui deranjament, trebuie să acţioneze elementele de protecţie ale motorului (siguranţele fuzibile sau releele electromagnetice la scurtcircuite şi releele termice la suprasarcini).

În vederea unei întreţineri corecte şi a reparării corespunzătoare a motoarelor sînt prezentate în tabelele 5.2 şi 5.3, principalele defecte ce pot apărea la maşinile electrice asincrone şi la maşinile de c.c., cauzele posibile ale defectelor şi modul de remediere a acestora.

3. Repararea maşinilor electrice

Tehnologia reparării unei maşini electrice aflată în exploatare cuprinde următoarele faze importante:

— izolarea ei electrică de restul instalaţiei, prin deschiderea întrerupătorului (automat sau manual) şi scoaterea patroanelor siguranţelor din tabloul de forţă, cu luarea tuturor măsurilor de protecţie a muncii;
— desfacerea legăturilor electrice de la bornele maşinii;
— desfacerea legăturilor de transmisie la utilajul antrenat;
— desfacerea piuliţelor de pe prezoanele din fundaţie;
— ridicarea cu macaraua şi depunerea motorului şi platforma căruciorului de transport;
transportarea lui la atelierul de reparaţii;
— demontarea motorului;
— repararea părţilor componente defecte;
— remontarea;
— încercări;
— reinstalarea motorului pe fundaţie;
— refacerea legăturilor electrice şi mecanice;
— ridicarea izolării.

a. Demontarea motoarelor

● **Motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit.** (Pentru identificarea pieselor componente se va urmări numerotarea din figura 5.25.) Succesiunea operaţiilor este următoarea:

— se scoate pana *1* din locaşul de la capătul arborelui;
— se deşurubează şuruburile *1* şi se scoate căpăcelul exterior *3*;
— se deşurubează şuruburile *4*, apoi se scoate scutul *5* de la capătul de acţionare împreună cu inelul exterior al rulmentului *6*;
— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role, bătîndu-se uşor cu ciocanul de jur împrejur prin intermediul unei piese de cupru sau bronz, pe suprafaţa laterală;
— se scoate inelul interior al rulmentului împreună cu căpăcelul interior, cu ajutorul unei piese pentru extragerea rulmentului de pe arbore (dispozitiv cu gheare);
— se desfac şuruburile *7* şi se scoate capota ventilatorului *8*;
— se deşurubează şuruburile *9* şi se scoate scutul *10* de pe scaunul său prin batere de jur împrejur;
— se scoate din stator rotorul împreună cu scutul, ventilatorul exterior şi cel interior şi se pun pe o capră;

TABELUL 5.2

Principalele deranjamente și modul lor de remediere la motoarele electrice asincrone trifazate

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Motorul nu pornește	Întreruperea circuitului de forță; o fază a statorului este întreruptă sau o legătură exterioară este desfăcută	Se verifică cu lampa de control sau cu ohmmetrul și se restabilește legătura
Statorul are curenți inegali pe cele trei faze, iar motorul nu pornește	Una din cele trei faze ale statorului este legată cu capetele inversate la montajul Y	Se controlează sensul bobinei și se refac legăturile; se determină începuturile și sfîrșiturile fazelor
Motorul pornește greu în gol; se rotește cu viteză redusă	Conexiunile statorului sînt legate în Y în loc de Δ	Se refac legăturile
Motorul capătă viteză, dar curentul în stator pulsează tare; rotorul și statorul se încălzesc; motorul produce un zgomot anormal	La rotorul în colivie există o dezlipire a uneia sau a mai multor bare de la inelul de scurtcircuitare	Se caută contactul defect și se reface lipitura
Motorul nu se poate încărca; curenții inegali în stator; în sarcină se oprește brusc	Scurtcircuit într-una din bobinele statorului, sau între două bobine învecinate	Se înlocuiesc bobinele defecte cu altele noi, sau se rebobinează statorul
Motorul absoarbe brusc un curent mult mai mare	S-a întrerupt o fază a statorului	Se depistează faza întreruptă și se stabilește circuitul
Motorul absoarbe la pornire un curent prea mare	Cele trei perii sînt scurtcircuitate sau există scurtcircuit în rezistența de pornire, pe ultimul plot	Se caută defectul și se remediază
Motorul pornește numai în gol și cu jumătate din viteză	Scurtcircuit între două perii	Se verifică circuitul și se înlătură defectul.
Motorul prezintă o accentuată cădere de tensiune	Rezistența înfășurării sau caz de pornire mari; circuit întrerupt în rotor	Se verifică cu ohmmetrul valoarea rezistențelor; se înlătură întreruperea rotorică

Turația motorului scade în sarcină; curent pulsatoriu în stator; statorul se încălzește ușor; dacă sarcina crește, turația motorului scade brusc la jumătate	Una din înfășurările rotorului este întreruptă și rotorul lucrează în două faze; una din perii are contact slab	Se verifică cu ampermetrul faza întreruptă; se restabilește legătura sau se reglează periile
Periile scînteiază; unele perii și armăturile lor se încălzesc excesiv	Periile nu se mișcă liber în portperii sau nu sînt șlefuite; inelele colectoare au asperități sau lovituri; periile nu presează suficient asupra inelelor	Se aleg perii de dimensiuni potrivite, se finisează inelele; se reglează presiunea de contact a periei
Miezul de fier al statorului este supraîncălzit uniform, cu toate că sarcina motorului nu depășește pe cea nominală	Tensiunea rețelei este mai mare decît cea nominală; scurtcircuite locale între tolele statorului	Se aduce tensiunea la vaoarea nominală; se execută repartiția miezului statoric
La pornirea motorului apare un cerc de foc la inelele colectoare	Inelele colectoare și periile sînt îmbîcsite cu ulei; este întreruptă una din legăturile dintre rotor și reostatul de pornire	Se înlătură scurgerea de ulei; se refac legăturile întrerupte
Motorul vibrează în timpul funcționării	Rotorul, cuplajul sau șaiba de transmisie sînt dezechilibrate; deplasarea bobinajului rotorului; fundația nu este suficient de rigidă	Se remediază aceste cauze mecanice
Lagărele se încălzesc peste limitele admisibile	Debitul uleiului de ungere este insuficient sau de proastă calitate; jocul dintre fusul arborelui și cuzineți este prea mic	Se verifică dacă inelele de ungere corespund; se verifică nivelul uleiului; se reglează jocul dintre arbore și cuzineți
Inelele colectoare se uzează intens, neuniform	Periile sînt necorespunzătoare (prea tari); presiunea pe inele este prea mare; s-au montat perii de mărci diferite	Se montează perii corespunzătoare; se reglează presiunea de contact
Periile se uzează foarte intens	Inelele colectoare sînt îmbîcsite cu praf de la perii, pulbere de metal, nisip etc.; curentul este repartizat neuniform între perii; calitatea periilor este necorespunzătoare	Se îmbunătățesc condițiile de întreținere a inelelor colectoare și se curăță mai des; se controlează și se remediază presiunea de contact a periilor pe inele
Se produc străpungeri ale izolației	Pătrunderea de praf și umiditate în motor; apariția punților de curent din pulbere de cărbune și cupru de la perii; izolația îmbătrînită	Se usucă și se suflă motorul cu aer comprimat; se fac reparațiile necesare

TABELUL 5.3

Principalele deranjamente și modul lor de remediere la motoarele electrice de curent continuu

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Motorul nu pornește	Întreruperea circuitului de forță; cuplu mare la pornire; așezare greșită a periilor; contact slab la perii sau la reostatul de pornire: arderea uneia sau a mai multor bobine din rotor	Restabilirea circuitului, micșorarea cuplului sarcinii; repararea motorului în funcție de tipul defectului stabilit.
Formarea de scîntei pe colector	Montarea greșită a periilor (nu sînt pe axa neutră, sînt prost șlefuite, presiunea neuniformă a periilor); colectorul rugos, murdar, ovalizat; izolația ieșită dintre lamelele colectorului; polaritatea greșită a polilor auxiliari; scurtcircuit în înfășurarea polilor auxiliari; contact slab între înfășurarea indusului și colector; poziția excentrică a rotorului între poli din cauza uzurii lagărelor; dezlipirea legăturilor echipotențiale sau contacte slabe; contact între bobinele polilor și corpul motorului; bătaia curelei; fixarea slabă pe fundație	Eliminarea cauzelor constatate, după depistarea lor în totalitate
Încălzirea colectorului	Perii necorespunzătoare; așezarea greșită a periilor; ventilația colectorului este insuficientă	Înlocuirea periilor; corectarea poziției lor; îmbunătățirea ventilației
Încălzirea rotorului	Supraîncărcarea mașinii, tensiunea mărită, excitație puternică la o viteză redusă; scurtcircuitarea uneia sau a mai multor secții ale înfășurării de excitație; scurtcircuit în înfășurarea rotorului; perii prea late; umezirea înfășurării rotorului.	Se elimină cauzele, se repară motorul în funcție de tipul defectului constatat

Încălzirea polilor principali	Lipsa reostatului de reglaj; conectarea greșită a bobinelor de excitație (de exemplu: în loc de legarea lor în serie s-au legat în derivație); scurtcircuit între spirele excitației; înfășurarea de excitație umezită; ventilație insuficientă	Montarea reostatului; reconectarea bobinelor; repararea inductorului și uscarea lui; corectarea ventilației
Încălzirea polilor auxiliari	Supraîncărcarea mașinii; conectarea greșită a polilor auxiliari; înfășurarea polilor este umezită; ventilație insuficientă	Idem (ca în cazul încălzirii polilor principali)
Viteză anormală de rotație a rotorului	Schema de conectare greșită; polaritatea greșită a polilor; încărcarea anormală a motorului; tensiune de alimentare anormală; poziția greșită a manetei reostatului	Depistarea cauzei și corectarea situației
Supraîncălzirea lagărelor	Debitul uleiului insuficient sau necorespunzător calitativ; jocul între fusul arborelui și cuzinet este prea mic; murdărirea lagărelor; rulmentul este murdar sau uzat; cureaua de transmisie este prea întinsă; șaiba de transmisie prea mică	Se verifică dacă inelele de ungere sînt bune; se schimbă uleiul; se rectifică arborele și se alezează cuzinetul; se schimbă rulmentul; se rectifică transmisia
Motorul vibrează în timpul funcționării	Rotorul, cuplajul sau șaiba de transmisie sînt dezechilibrate; deplasarea bobinajului rotorului; deformarea sau montarea incorectă a curelei de transmisie; descentrarea cuplajului motorului cu mecanismul antrenat; fundație necorespunzătoare; scurtcircuite între spirele înfășurărilor	Se remediază cauzele de ordin mecanic, din exteriorul motorului. Pentru defectele din interior se face repararea motorului conform celor indicate în capitolul 5 (C3)

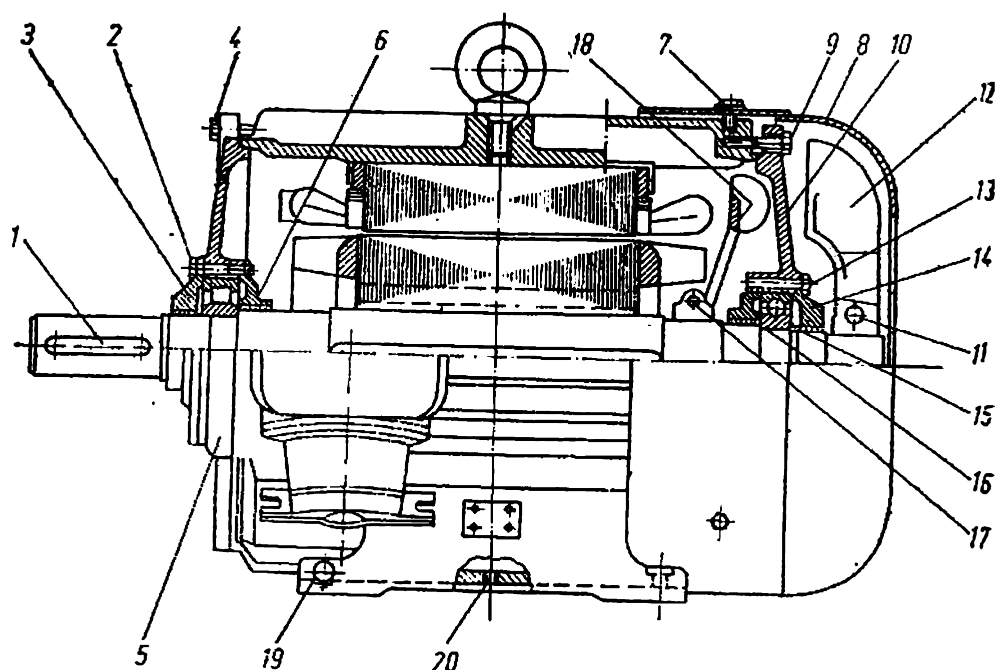


Fig. 5.23. Secțiune printr-un motor asincron cu rotorul în scurtcircuit.

— se desface șurubul *11* și se scoate ventilatorul exterior *12*;
— se desfac șuruburile *13* și se extrage căpăcelul exterior *14*;
— se scoate scutul *10* prin batere de jur împrejur cu un ciocan prin intermediul unei piese de metal moale;
— se scoate inelul de siguranță *15*;
— se demontează rulmentul cu bile cu ajutorul presei;
— se scoate căpăcelul interior *16*;
— se desface șurubul *17* și se scoate ventilatorul interior *18*. Șurubul *19* (de legare la pămînt) și șurubul *20* (de îmbinare a carcasei) nu se demontează.

● **Motorul asincron trifazat cu inele colectoare** (v. fig. 5.24). Succesiunea operațiilor este următoarea:
— se scoate pana *1* din locașul de la capătul arborelui;
— se deșurubează șuruburile *2* și se scoate căpăcelul exterior *3*;
— se deșurubează șuruburile *4*, apoi se scoate scutul *5* de la capătul de acționare, împreună cu inelul exterior al rulmentului *6* (inclusiv rolele);
— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role, bătîndu-se ușor cu ciocanul de jur împrejur prin intermediul unei piese de metal moale, pe suprafața laterală;
— se scoate inelul interior al rulmentului împreună (sau separat) cu căpăcelul interior, cu ajutorul unei piese cu gheare;
— se desfac șuruburile *9* și se scoate capota ventilatorului exterior *10*, după demontarea cutiei terminale a cablului rotoric;
— se deschide cutia inelelor colectoare *11*, se desfac șuruburile *12* și se scoate blocul portperii *13*;
— se desfac șuruburile *14* și se scoate crucea suport *15* și cutia inelelor colectoare, apoi se scoate scutul *16* de pe scaunul său, prin batere cu ciocanul de jur împrejur;

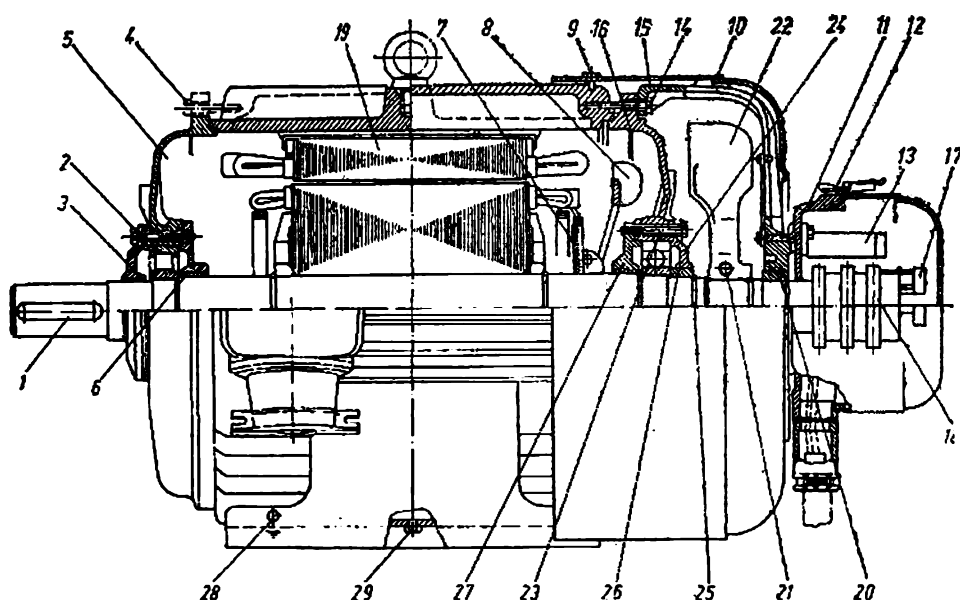


Fig. 5.24. Secțiune printr-un motor asincron cu rotorul bobinat.

— se scoate rotorul *19* din stator, împreună cu scutul, cutia inelelor colectoare și ventilatorul exterior;

— se desfac cele trei legături terminale *17* ale bobinajului;

— se deplasează inelele colectoare *18*, folosindu-se filetul interior al bucșei inelelor;

— se scoate inelul de siguranță și se trage afară bucșa *20*;

— se deșurubează șurubul *21* și se scoate ventilatorul exterior *22*;

— se deșurubează șuruburile *23* și se scoate afară căpăcelul exterior *27*;

— se scoate scutul prin batere cu ciocanul;

— se scoate inelul de siguranță *25* și bucșa *26*;

— se demontează rulmentul cu bile, cu ajutorul unei piese de extragere și prin intermediul unei piese de fier moale, găurită pentru a proteja cablurile de ieșire ale rotorului;

— se scoate căpăcelul interior *24*;

— se desface șurubul *7* și se scoate ventilatorul *8* cu ajutorul unei piese de extragere. Șurubul *28* (de legare la pămînt) și șurubul *29* de (îmbinare a carcasei) nu se demontează.

● **Motorul de curent continuu** (fig. 5.25). Succesiunea operațiilor este următoarea:

— se demontează ventilatorul independent *1* prin desfacerea șuruburilor *2* (ventilator existent numai la motoarele de mare putere);

— se demontează apărătorile colectorului *3* prin deșurubarea șuruburilor *4*;

— se desfac legăturile electrice care vin din stator la portperii;

— se scoate căpăcelul exterior *5* prin demontarea șuruburilor *6*;

— se demontează scutul *7*, prin deșurubarea șuruburilor *8* și prin lovirea cu un ciocan, prin intermediul unei piese din metal moale, de jur împrejur;

— se demontează crucea portperiei *9* prin deșurubarea șuruburilor *10* și apoi a suporturilor portperiilor *11*, prin desfacerea șuruburilor *12* (subansambluri care în acest moment se află pe scutul demontat anterior);

— se scoate pana *1v* din nutul (canalul) de pană de la capătul arborelui;

— se scot apărătorile *13* prin deşurubarea şuruburilor *15*;

— se demontează căpăcelul exterior *16* prin desfacerea şuruburilor *17*;

— se scoate scutul *18* de la capătul de acţionare prin desfacerea şurubului *19*, împreună cu cămaşa rulmentului şi a rolelor dacă este un rulment cu role, sau singur, dacă este un rulment cu bile;

— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role din alezajul scutului, bătîndu-se uşor cu ciocanul de jur împrejur, prin intermediul unei piese din cupru sau bronz, pe suprafaţa laterală;

— se scoate rotorul *20* din stator, împreună cu rulmenţii de la capetele axelor căpăcelelor interioare, ventilatorul interior, colectorul şi se aşază pe capră;

— se demontează rulmentul *22*, după ce a fost scoasă siguranţa *21*, cu ajutorul unei piese de extras rulmenţi, demontare ce poate fi însoţită şi de extragerea căpăcelului interior *23*;

— se demontează inelul de siguranţă *24* şi se extrage inelul interior sau rulmentul cu bilă *25*, separat sau împreună cu căpăcelul *26*;

— se scoate inelul de siguranţă *27* şi se demontează ventilatorul *28* prin deşurubarea şurubului *29*;

— se extrage colectorul *30* de pe arborele rotorului, după operaţia de dezlipire a bobinajului rotoric de la steguleţe, cu ajutorul unei prese, care se prinde de găurile filetate ale butucului colectorului;

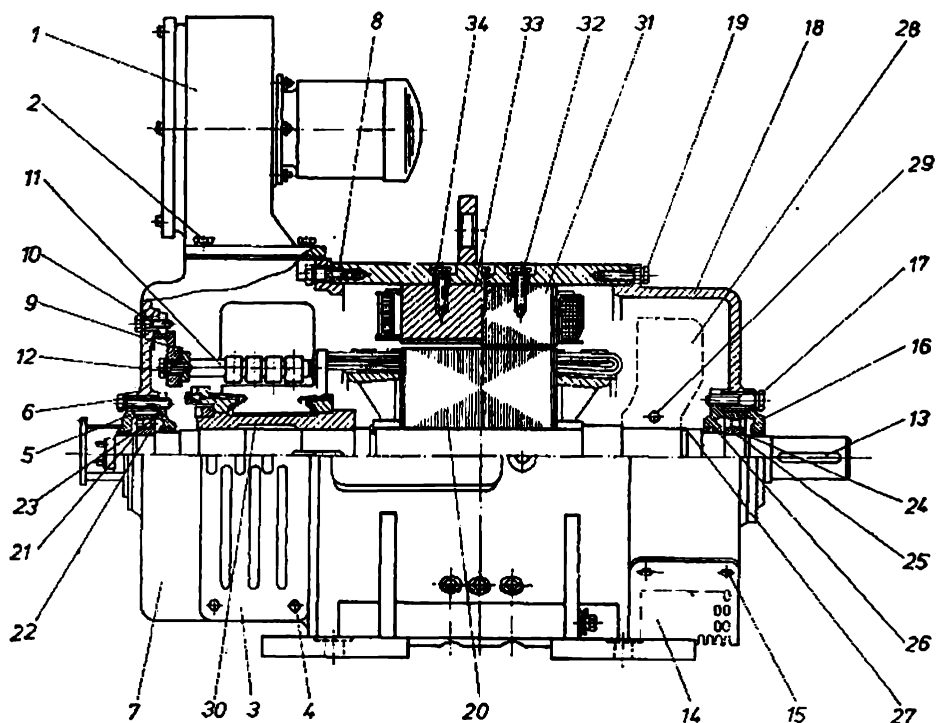


Fig. 5.25. Secţiune printr-un motor de curent continuu.

— se desfac legăturile statorului;
— se demontează polii principali *31* şi polii auxiliari *33*, prin deşurubarea şuruburilor *32* şi *34*.

În cele de mai sus s-au prezentat toate operaţiile necesare unei demontări complete. De multe ori, remedierea defectului nu reclamă decît o demontare parţială; în acest caz, succesiunea operaţiilor rămîne aceeaşi, pînă la punctul unde se consideră necesară demontarea. Demontarea şi montarea motoarelor electrice au o influenţă foarte mare asupra calităţii funcţionării motorului reparat, ceea ce impune o atenţie deosebită şi o utilizare corectă şi corespunzătoare a sculelor pentru fiecare operaţie în parte.

La remontarea motorului, operaţiile se vor executa în sensul invers demontării.

b. Repararea părţilor componente ale motorului electric asincron

● **Repararea înfăşurărilor.** Bobinajele pot fi reparate fie prin *rebobinare completă*, fie prin *înlocuire parţială*. Repararea prin înlocuire parţială este economică şi asigură o bună calitate, deoarece o mare parte a bobinajului original este păstrată. De multe ori însă, înlocuirea parţială nu este posibilă, zona defectă fiind extinsă şi atunci se impune refacerea în întregime a bobinajului.

La rebobinarea unei maşini electrice este nevoie să se stabilească caracteristicile bobinajului vechi:

— felul şi schema bobinajului;
— pasul şi numărul de crestături;
— numărul de conductoare în crestătură;
— numărul de bobine şi de secţii pe bobină;
— numărul de spire pe secţie;
— dimensiunile crestăturii, bobinei, conductorului;
— forma şi dimensiunile penei;
— izolaţia crestăturilor şi a părţilor frontale;
— lungimea miezului de fier;
— izolaţia suportului bobinajului;
— dimensiunile bandajelor, amplasarea lor şi numărul de spire din fiecare;
— izolaţia sub bandaj;
— dimensiunile capetelor de bobină.

Înainte de începerea rebobinării, pachetul de tole trebuie să fie examinat cu atenţie, iar crestăturile să fie debavurate şi curăţate de praf.

Bobinajele statorice şi cele rotorice se repară în mod diferit, de la caz la caz, după modul în care s-au executat de întreprinderea producătoare şi în funcţie de posibilităţile de care dispune atelierul de reparaţii. Motoarele de medie tensiune se recomandă să fie trimise spre rebobinare la întreprinderile producătoare sau specializate în acest scop, deoarece repararea înfăşurărilor de medie tensiune este foarte dificilă, în crestături trebuind să nu existe spaţii de aer între conductoare, ele favorizînd străpungerea izolaţiei.

Bobinajul statoric. Sînt mai multe procedee de rebobinare, depinzînd de construcţia crestăturilor la o tensiune a maşinii de pînă la 500 V:

— procedeul tragerii sau coaserii (crestături închise);
— procedeul aşezării prin istm (crestături deschise sau semideschie).

Procedeul tragerii (coaserii). Se confecționează teci izolante din preșpan de 0,2 mm grosime obținute prin înfășurarea pe două pene de lemn a mai multor straturi de preșpan, capătul preșpanului se lipește, iar după uscare se scot penele. Bobinele simple ale înfășurărilor într-un singur strat se împart în funcție de poziția părților lor frontale față de stator în: ***inferioare*** (adică cele ale căror părți frontale se îndoaie spre partea opusă rotorului) și ***superioare*** (adică cele ale căror părți frontale se așază cît mai aproape de rotor). Pentru înfășurarea atît a bobinelor inferioare cît și a bobinelor superioare se folosesc șabloane speciale din lemn de forme potrivite.

Șablonul se așază în interiorul statorului, fixîndu-se cu ajutorul penelor. Pentru a putea fi scos, după înfășurarea bobinei, șablonul se face demontabil, iar, în plus, la partea inferioară se execută o canelură în formă de coadă de rîndunică, în care se introduce o pană corespunzătoare.

Dimensiunile șabloanelor trebuie să corespundă dimensiunilor bobinelor vechi. Tecile curate se introduc în crestăturile statorului, curățate în prealabil. Tecile bobinelor inferioare trebuie să fie puțin mai scurte decît ale celor superioare.

Înfășurarea trebuie să înceapă cu bobinele inferioare după așezarea șablonului respectiv. Pentru a putea așeza conductoarele în crestătură într-o ordine determinată, se așază în crestătură pene de lemn, care au lățimea egală cu lățimea interioară a tecii izolante, iar înălțimea egală cu diametrul conductorului cu izolație. În afara penelor de lemn se așază și cîte un rînd de tije metalice care au diametrul egal cu diametrul conductorului izolat, iar între penele de lemn se introduce izolația dintre rînduri, dacă este cazul. Modul de așezare în crestătură a penelor este redat în figura 5.26. Pentru așezarea conductoarelor, se scoate tija respectivă și în locul ei se introduce capătul conductorului care este tras prin crestătură de către muncitorul care stă în partea opusă a statorului. În timpul tragerii, conductorul se întinde pe toată lungimea, dacă spațiul permite; dacă nu, el se așază în spirale. După ce a fost așezat un strat de spire, toate tijele metalice se scot. Pentru bobinarea stratului următor de conductoare, se scoate pana corespunzătoare și în locul ei se introduce un strat complet de tije metalice și procesul de tragere continuă prin scoaterea succesivă a tijelor și penelor pînă la bobinarea completă a crestăturii.

După așezarea tuturor bobinelor inferioare, părțile lor frontale se izolează cu un strat de pînză lăcuită și se leagă sau se înfășoară cu o bandă de bumbac.

Bobinele superioare se bobinează ca și cele inferioare, cu deosebirea că părțile lor frontale nu se îndoaie lateral, ci trec direct de la o crestătură la alta.

Procedeul așezării prin istm. Bobinarea se poate face într-un strat sau două straturi și se utilizează la pachetele de tole care au crestătură deschisă sau semiînchisă și la care deschiderea istmului permite trecerea ușoară a conductorului. Bobinele se execută de obicei de formă trapezoidală sau de forma unui hexagon neregulat alungit, pe

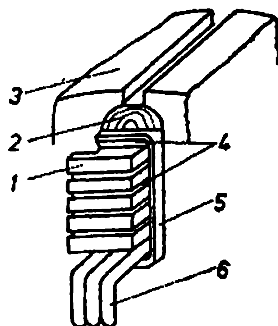


Fig. 5.26. Umplerea crestăturii înaintea bobinării:
1 — pană de lemn; 2 — pana crestăturii; 3 — stator; 4 — izolație între rînduri; 5 — teacă; 6 — tijă metalică;

şabloane de lemn (fig. 5.27). Pe şablon se execută bobinele înfăşurării dintr-un strat. Izolaţia crestăturilor se face cu un strat sau două de preşpan sau pînză uleiată, peste care se aplică carton electrotehnic. Înainte de aşezarea înfăşurării, în crestătură se aşază izolaţia de crestătură sub formă de teacă, ale cărei capete trebuie să iasă în afara crestăturilor pentru a preveni deteriorarea conductoarelor care se introduc prin istm. După aşezarea tuturor conductoarelor, capetele izolaţiei la crestături se îndoaie, acoperindu-se reciproc în crestătură.

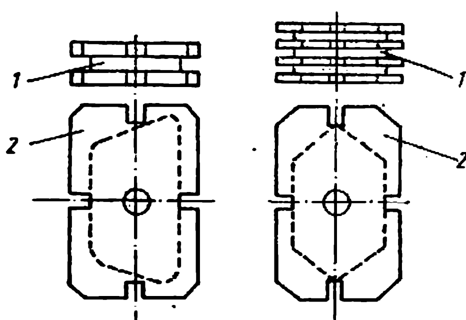


Fig. 5.27. Şabloane pentru înfăşurarea prin procedeul aşezării prin istm:
1 — miez; 2 — părţi laterale

După aceea se bat penele de lemn care închid crestătura, avînd grijă ca sub ele să se monteze în prealabil izolaţia corespunzătoare. Părţile frontale ale bobinelor se îndreaptă, se izolează şi se leagă cu şnur sau bandă de bumbac. În figura 5.28 se arată schematic modul de dispunere într-un strat *(a)* şi în două straturi *(b)*, pentru tensiunea 220/380 V, a înfăşurărilor prin procedeul aşezării prin istm.

Pentru toate tipurile de înfăşurări, după terminarea bobinării şi închiderii crestăturii, înfăşurarea se împarte în trei părţi care se leagă între ele în serie sau în paralel, astfel încît să formeze fazele înfăşurării. La capetele celor trei grupe de bobine se lipesc conductoare de ieşire care se leagă la bornele cutiei de borne, avînd grijă să se marcheze începutul şi sfîrşitul fiecărei faze.

Bobinajul rotoric. Motoarele asincrone trifazate pot avea rotorul bobinat sau rotorul în scurtcircuit.

În cazul rotorului bobinat, rebobinarea poate fi executată fie cu bobine preformate, cînd fiecare secţie a înfăşurării este compusă din mai multe conductoare şi bobinarea se execută şi ca cea statorică, fie cu bare, cînd fiecare bară formează o secţie. Barele de rotor se aşază în crestături dinspre partea frontală a rotorului, crestăturile sale fiind închise sau semiînchise, istmul nepermiţînd trecerea barelor pe deasupra. Latura din crestătură se

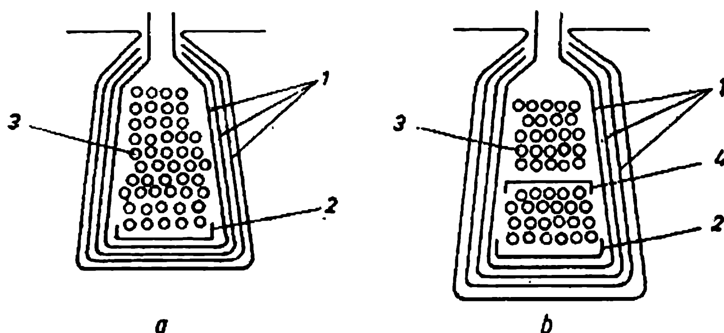


Fig. 5.28. Secţiune schematică printr-o crestătură cu istm:
a — într-un strat; *b* — în două straturi: 1, 2 — carton electrotehnic de 0,2 mm în trei straturi; 3 — conductoare; 4 — carton electrotehnic de 0,4 mm.

izolează cu hîrtie bachelitizată, iar părțile frontale cu bandă lăcuită, peste care se înfășoară banda de bumbac.

În părțile frontale, barele se izolează cu bandă de bumbac, o dată sau de două ori. După executarea părților frontale ale înfășurării, pe capetele barelor se pun mufele și se execută toate conexiunile.

În cazul rotoarelor în scurtcircuit, repararea este mult mai ușoară decît la cele bobinate, deoarece schema de înfășurare este mai simplă. Repararea lor depinde de felul materialului din care sînt executate barele și inelele de scurtcircuitare: cupru sau aluminiu.

În cazul folosirii cuprului, barele de rotor noi, confecționate după dimensiunile celor vechi, se bat în crestăturile rotorului debavurat, uscat și desprăfuit. Inelele de scurtcircuitare, confecționate din bronz, se leagă cu barele prin lipire cu aliaje de lipit tari, sau prin sudare cu cupru fosforos, folosindu-se electrozi de cărbune.

În cazul folosirii aluminiului, colivia care se formează servește simultan și drept înfășurare și pentru fixarea pachetului de tole. Marginile inelelor de scurtcircuitare se toarnă cu aripi care servesc ca ventilator. Locul de lipit bară-inel se curăță și se încălzește cu lampa de lipit pînă la 400—500°C, temperatura la care se efectuează și lipirea printr-o simplă atingere a vergelei de aliaj de lipit, avînd următoarea compoziție: cositor 63%, zinc 33%, aluminiu 4% (se prezintă sub forma unor vergele de 6—8 mm diametru și 200—250 mm lungime).

Locul care se lipește trebuie să fie orizontal, iar după umplere, prisosul de aliaj se îndepărtează.

Modificarea bobinajelor la motoarele asincrone. În atelierele de reparat motoare electrice din cadrul întreprinderilor industriale pot apărea și următoarele situații:

— rebobinarea motorului prin înlocuirea materialului conductor (din cupru în aluminiu);

— rebobinarea motorului prin modificarea secțiunii conductorului;

— rebobinarea motorului pentru o altă tensiune.

Rebobinarea motorului prin înlocuirea materialului conductor. Deoarece rezistivitatea aluminiului este mai mare decît a cuprului și deci densitatea de curent admisibilă este mai mică, ar trebui ca la aceleași caracteristici ale motorului secțiunea conductorului de aluminiu să fie mai mare decît a celui de cupru. Cum însă pachetul de tole este același, adică dimensiunile crestăturilor nu pot fi schimbate, rezultă că și numărul de conductoare, lungimea și secțiunea noului bobinaj de aluminiu trebuie să fie egale cu cele ale bobinajului de cupru inițial. În acest caz:

$$R_{Al} = \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} R_{Cu} = \frac{0,0283}{0,0175} R_{Cu} = 1,63 \; R_{Cu}, \qquad (5.10)$$

în care:

R_{Al} este rezistența conductorului de aluminiu;

R_{Cu} — rezistența conductorului de cupru;

ρ_{Al} — rezistivitatea aluminiului;

ρ_{Cu} — rezistivitatea cuprului.

Deoarece în regimul nominal de funcţionare caracterizat prin curentul I_n se dezvoltau în înfăşurarea de cupru pierderile $R_{Cu} I_n^2$, iar încălzirea trebuie să fie aceeaşi, rezultă pentru înfăşurarea de aluminiu curentul nominal:

$$I_{nAl} = \sqrt{\frac{R_{Cu}}{R_{Al}}} I_{nCu} = 0,788 \, I_{nCu}. \qquad (5.11)$$

Tensiunea rămînînd aceeaşi, rezultă că puterea nominală a motorului P_n va fi mai mică decît cea iniţială, cu circa 21,2%; de asemenea se înrăutăţeşte şi factorul de putere al maşinii.

Rebobinarea motorului prin modificarea secţiunii conductorului. Este folosită această modificare în cazul în care nu se dispune de un conductor cu secţiune identică, ci cu o secţiune mai mică. Atunci se pun mai multe conductoare în paralel, rezultînd prin însumare o secţiune identică cu secţiunea iniţială. În cazul a n conductoare în paralel, diametrul conductorului se calculează cu relaţia:

$$d_c' = \frac{d_c}{\sqrt{n}} \text{ [mm]}, \qquad (5.12)$$

unde

d_c este diametrul conductorului iniţial, fără izolaţie.

Exemplu. Motorul a fost bobinat cu un conductor cu $d_c = 1,6$ mm. Dacă nu se dispune de un asemenea conductor se pot folosi:

— două conductoare în paralel: $d_c' = \frac{1,6}{\sqrt{2}} \cong 1,15$ mm;

— trei conductoare în paralel: $d_c' = \frac{1,6}{\sqrt{3}} \simeq 0,95$ mm.

Rebobinarea motorului pentru o altă tensiune. Puterea şi viteza maşinii trebuind să rămînă neschimbate, de asemenea şi conexiunea (Y sau Δ), se procedează astfel:

— se iau datele înfăşurării iniţiale: numărul de crestături ale statorului z, numărul de conductoare într-o crestătură n_c, secţiunea conductorului s, pasul de bobinaj y, numărul crestăturilor pe pol şi faza q;

— se determină raportul tensiunilor $K = \frac{U'}{U}$, U' fiind tensiunea la care trebuie rebobinat motorul, iar U tensiunea iniţială, măsurate între faze, în V:

— acest raport se înmulţeşte cu numărul iniţial de conductoare din crestătură pentru a obţine numărul nou de conductoare din crestătură: $n_c' = K \cdot n_c$;

— se recalculează: $I' = \frac{I}{K}$;

— se recalculează secţiunea conductorului: $s' = \frac{s}{K}$.

Exemplu: Un motor asincron trifazat adus pentru rebobinare are caracteristicile: 18 W; 2800 rot/min; 220/380 V; 5,6/2,25 A; $\cos\varphi = 0,8$. Trebuie rebobinat pentru tensiunea de 500 V. După demontare s-au măsurat: $z = 24$, $n_c = 2 \div 31$; $s = 0,78$ mm²; $y = 10$, $q = 4$. Calculul se efectuează astfel:

$$K = \frac{500}{380} = 1,3; \; n_{c1} + 1,3 \cdot 2 \cdot 31 \cong (80 = 2 \times 40); \; I' = \frac{3,25}{1,3} = 2,5 \, A;$$

$$s' = \frac{0,78}{1,3} = 0,59 \text{ mm}^2, \text{ adică } d_c' = 0,85 \text{ mm}.$$

Impregnarea și uscarea bobinajelor. Există mai multe procedee, dintre care cităm:

— *impregnarea prin imersiune* (cea mai larg răspîndită și care este prezentată în continuare);

— *impregnarea sub vid.*

Modul de impregnare se alege în funcție de clasa de izolație a motorului și de condițiile de mediu în care va funcționa acesta. Înainte de impregnare se suflă cu aer comprimat uscat, pentru a se îndepărta orice urmă de impurități. După aceea, se execută o operație de preuscare pînă la o temperatură de 120°C, timp de cîteva ore, în funcție de mărimea pieselor, într-un cuptor special. Apoi se lasă să se răcească pînă la 40—60°C, pentru evitarea aprinderii lacului de impregnare. Se introduc statorul și rotorul în baia cu lac de impregnare, în așa fel încît să fie complet cufundate în lichid. După timpul cerut de tehnologia impregnării se scot, se lasă să se scurgă surplusul de lac și apoi se introduc în cuptor.

Uscarea în cuptor se face în două etape:

— menținerea la temperatura de 80°C, timp de 2—5 ore pentru evaporarea solventului;

— uscarea propriu-zisă la temperatura 120—190°, timp de 10—16 ore, în funcție de izolația și destinația motorului.

Impregnarea sub vid este mai eficientă deoarece lacul pătrunde mai bine în interstiții, dar necesită instalații de obținere a vidului, care sînt costisitoare și cu care în general sînt dotate întreprinderile constructoare de mașini (și nu atelierele de reparații).

● **Repararea inelelor colectoare, a portperiilor și a periilor colectoare.** Inelele colectoare ale motoarelor asincrone cu rotorul bobinat pot prezenta următoarele defecte:

— suprafață rugoasă, murdară sau ovalizată;

— inele scurtcircuitate din cauza murdăriei și a prafului de cărbune depus pe butucul izolant;

— contacte imperfecte între bobinaj și barele de legătură ale inelelor;

— izolație distrusă prin conturnarea izolației și punerea la masă a părților conductoare.

Pentru înlăturarea defectelor se procedează la:

— strunjirea și șlefuirea suprafeței de contact;

— refacerea contactelor, cu strîngerea corectă a șuruburilor de contact;

— schimbarea izolației după demontarea inelelor în cazul conturnării acesteia sau cînd se constată o punere la masă.

Fixarea portperiilor trebuie bine făcută, deoarece slăbirea lor dă naștere la vibrația periilor, ce dăunează bunei funcționări a inelelor colectoare. Trebuie înlăturat jocul dintre perie și casetă (normal acest joc este de 0,1—0,4 mm în sensul rotației și de 0,2—0,5 mm în sens transversal).

Periile trebuie să calce cu toată suprafața pe inelul colector și trebuie să fie șlefuite după curbura inelului colector cu ajutorul unei hîrtii sticlate, cu marginile ei îndoite în jos pentru evitarea răzuirii muchiei periei.

Presiunea periilor pe inele trebuie să fie aceeași la toate periile, verificarea făcîndu-se cu dinamometrul fixat pe degetul de apăsare al portperiei.

În cazul degradării mari a periei, aceasta se schimbă cu alta nouă de aceeași marcă (*K* = carbon grafitat; *G* = grafit; *EG* = electrografit; *M* = = metal grafitat).

● **Repararea arborilor.** Principalele defecte care apar sînt:

— încovoierea arborilor;

— uzura fusurilor;

— uzura canalelor de pană;

— deteriorarea capetelor de arbore;

— fisurile.

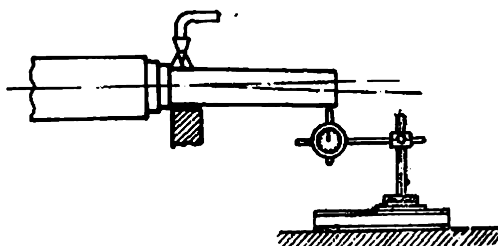


Fig. 5.29. Îndreptarea arborilor cu ajutorul flăcării oxiacetilenice.

Îndreptarea arborilor se face cu ajutorul flăcării oxiacetilenice în felul următor: se așază rotorul cu capetele arborelui pe lagăre provizorii din lemn căptușite cu cositor, în așa fel încît sensul de îndoire să fie în jos. Se așază sub capătul fusului un comparator cu acul indicator la zero. Apoi, cu un brenner (arzător) potrivit se încălzește fusul ca în figura 5.29, pe o porțiune de 20—40 mm, pînă cînd acesta capătă la locul încălzit o culoare vișiniu deschis. Durata încălzirii nu trebuie să depășească un minut. Datorită încălzirii se accentuează încovoierea fusului, lucru constatat la comparator. Apoi se lasă să se răcească încet, timp în care el se îndreaptă, lucru constatat la comparator, al cărui ac revine la zero, apoi trece de zero, indicînd măsura în care fusul s-a stabilizat. Dacă nu s-a îndreptat suficient, se repetă operația de încălzire pe o porțiune vecină.

Repararea fusurilor uzate se poate face fie cu instalații speciale de cromare, fie prin încărcare cu sudură cu arc vibrator, de către un sudor specializat în această operație.

Canalele de pană se repară prin încărcarea lor cu sudură și apoi prin frezare, în atelierele mecanice ale întreprinderii.

● **Repararea lagărelor, scuturilor și carcaselor.** Motoarele asincrone pot avea **lagăre** cu rulmenți sau lagăre de alunecare. Rulmenții cu bile se repară rar; indicat este ca ei să fie înlocuiți cu alții noi, atunci cînd jocul dintre inele și bile depășește 0,1—0,3 mm. La înlocuire trebuie avute în vedere următoarele considerente;

— montarea trebuie să se facă fără deteriorări sau deformări ale căilor de rulare, fără înțepenirea bilelor sau rolelor;

— trebuie să se facă curățirea tuturor suprafețelor interioare ale lagărului și ungerea lor corespunzătoare regimului de funcționare;

— nu trebuie să se lase jocuri axiale și radiale peste valorile indicate;

— fusurile pe care se montează rulmenții trebuie prelucrate foarte precis; dacă rulmentul se montează pe un fus conic, oval sau cu o strîngere prea mare, acesta se va dilata, va anula jocul de montaj și va produce, în funcționarea motorului, griparea iar dacă fusul are un diametru prea mic, rulmentul va aluneca, conducînd la o uzură accelerată a fusului, însoțită de o încălzire puternică și de distrugerea sa.

La lagărele cu alunecare se pot ivi următoarele defecte:

— mărirea jocului dintre fus și cuzinet, în care caz se înlocuiește compoziția cuzinetului;

— aruncarea uleiului din lagăr, datorită inelelor de ungere prea ușoare calității necorespunzătoare a garniturilor sau montării incorecte a lagărului (jocuri prea mari).

Scuturile se pot sparge şi atunci, în funcţie de gravitatea defectului, ele se schimbă sau se repară prin sudare.

Carcasele, în afara spărturilor, mai pot prezenta ovalizări sau conicizări, care se înlătură prin strunjire.

● **Echilibrarea rotoarelor**

Rotorul unui motor electric poate prezenta:

— un *dezechilibru static*, cînd centrul de greutate al rotorului în timpul rotaţiei este deplasat la o oarecare distanţă faţă de axa sa de rotaţie (fig. 5.30, *a*). În acest caz, asupra rotorului acţionează o forţă dezechilibrată *q*, care tinde să scoată rotorul din poziţia de echilibru;

— un *dezechilibru dinamic*, cînd centrul de greutate se află pe axa de rotaţie, dar în mişcare apare un cuplu de forţe (fig. 5.30, *b*).

Pentru înlăturarea oricărui dezechilibru este necesară echilibrarea rotorului.

Echilibrarea statică. În figura 5.31 se indică două metode de echilibrare. Dacă rotorul este deplasat din poziţia de echilibru static, după cîteva oscilări el revine, indicînd în acest fel locul în care este dezechilibrat.

Echilibrarea dinamică. Se execută cu ajutorul dispozitivelor mecanice sau electrice de echilibrat. În cazul folosirii dispozitivului electric, principiul echilibrării este următorul: în timpul rotirii, rotorul provoacă oscilaţii ale reazemelor pe care sînt fixate lagărele, oscilaţii care sînt transmise unei bobine ce se află în cîmpul magnetic al unui magnet permanent. Se produce astfel o t.e.m. care este amplificată şi transmisă unui voltmetru şi unui dispozitiv stroboscopic. Valoarea dezechilibrului este citită la voltmetru, iar locul acestuia este indicat de dispozitivul stroboscopic.

Echilibrarea se face fie prin îndepărtarea de material din corpul rotorului, prin găurire (la rotoarele mici), fie prin aplicarea unor greutăţi de echilibrare în locurile special prevăzute în acest scop, prinse în şuruburi sau prin sudare (la rotoarele mari).

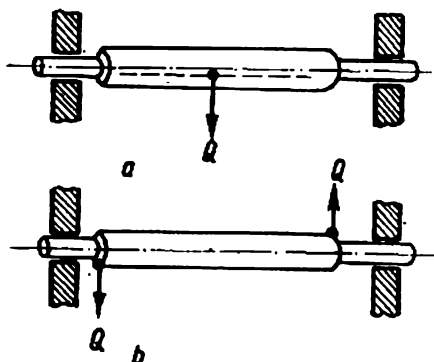


Fig. 5.30. Tipuri de dezechilibru:
a — static; *b* — dinamic.

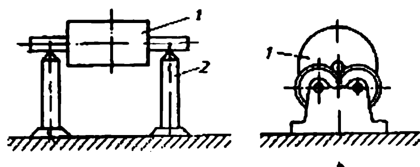


Fig. 5.31. Metode de constatare a dezechilibrării statice:
a — pe rigle cuţit; *b* — pe discuri; *1* — rotor; *2* — riglă cuţit.

c. Repararea părţilor componente ale motorului electric de curent continuu

● **Repararea înfăşurărilor.** La maşinile de c.c. pot apărea defecte atît în înfăşurarea statorului (de excitaţie) cît şi a rotorului. După depistarea defectului se procedează la scoaterea bobinajului cu înregistrarea prealabilă a caracteristicilor înfăşurării vechi, după cum s-a indicat la repararea înfăşurărilor maşinilor de c.a. Se trece apoi la rebobinarea fie a rotorului, fie a statorului sau la amîndouă, după situaţia defectării.

Rebobinarea rotorului. Secţiile trebuie refăcute după dimensiunile şi con-

ductoarele secțiilor originale, iar izolația trebuie să fie de aceeași calitate și grosime ca și cea veche. Rotorul mașinilor de c.c. poate avea:

— înfășurare buclată;

— înfășurare ondulată.

În ambele cazuri executarea secției se face pe mașini de bobinat, cu ajutorul șabloanelor. Conductorul care vine spre șablon trebuie trecut în prealabil printr-un dispozitiv cu role, pentru a fi bine întins și îndreptat. De asemenea, pentru a păstra forma dreptunghiulară a secției, lucru ce face posibilă așezarea ei în crestături, secția trebuie bine întinsă, deoarece conductoarele secției slab înfășurate se vor împleti și nu vor menține forma dreptunghiulară a secției. Secția sau bobina executată se scoate de pe șablon și se leagă în cîteva locuri cu o bandă de bumbac așezată în crestăturile șablonului înainte de bobinare, apoi se izolează cu izolație de tipul secțiilor vechi ale mașinii. Îndoirea secției noi, după forma celei vechi, se execută cu ajutorul a două scînduri de lemn și nu cu piese metalice. După aceea se acoperă cu lac și se usucă în aer sau cuptor. Înainte de introducerea bobinelor pe rotor, se execută operațiile:

— curățirea crestăturilor de praf sau impurități;

— încercarea suporturilor înfășurărilor și a colectorului cu ajutorul megohmmetrului, pentru a se vedea dacă nu sînt puneri la masă;

— verificarea lamelelor colectorului pentru a constata prezența scurtcircuitului între ele (cu megohmmetrul) și înlăturarea lui;

— verificarea lipsei de bavuri a crestăturilor, eventual pilirea lor;

— izolarea crestăturilor cu izolație în formă de teacă, din carton electrotehnic.

La așezarea bobinelor pe rotor se introduc mai întîi părțile inferioare pe distanța pasului polar; părțile superioare ale acestor bobine rămîn provizoriu neașezate în crestături, deoarece sub ele trebuie așezate mănunchiurile inferioare ale altor bobine. Concomitent cu așezarea secțiilor sau bobinelor în crestături, între stratul inferior și cel superior al părților frontale se așază izolația dintre straturi, formată din benzi de carton electrotehnic.

După așezarea tuturor secțiilor în crestături, capetele din afară ale tecilor izolante se îndoaie și în crestături se introduc pene din lemn (dacă acestea sînt prevăzute în construcția rotorului) și se trece apoi la așezarea capetelor secțiilor în locașurile lamelelor de colector sau stegulețelor. Înainte de a așeza în locașuri capetele superioare ale bobinelor, este necesar să se constate succesiunea corectă a începuturilor și sfîrșiturilor diferitelor secții cu ajutorul lămpii de control. După așezarea tuturor capetelor de bobină în locașurile de colector, înfășurarea se încearcă la scurtcircuit între spire, înainte de a fi lipită de colector, cu ajutorul unui electromagnet cu circuitul magnetic deschis.

Lipirea capetelor înfășurării la colector se face cu rotorul oblic, pentru a nu pătrunde în interiorul bobinajului aliajul de lipit topit. Aliajul este de cositor, iar decapantul este colofoniul.

Rebobinarea înfășurării polilor. Rebobinarea înfășurărilor polare începe cu confecționarea șabloanelor, ale căror dimensiuni s-au determinat la scoaterea bobinelor de pe poli. Ele trebuie să fie suficient de mari pentru ca bobinele să intre pe poli după izolarea lor. La capătul conductoarelor bobinei care se înfășoară, se lipește o lamă de cupru cositorită, ce se izolează față de toate spirele bobinei cu tub uleiat și se protejează cu o bandă de carton electrotehnic contra eventualelor deteriorări în timpul bobinării.

Înfășurarea bobinei se execută ca și cea a secțiilor bobinelor rotorului, adică pe *dispozitive de bobinare*. Spirele se înfășoară în rînduri, numărul spi-

relor reducîndu-se treptat pentru a da bobinei o formă conică. Spirele în rîndurile bobinei sînt prinse cu ajutorul unei benzi în serpentină, care este așezată pe fundul suportului, înainte de începerea bobinării (fig. 5.32). Înfășurarea bobinei se execută într-un singur sens. Pentru obținerea polarității diferite a polilor la legarea lor în serie, se leagă începutul unei bobine cu începutul celeilalte. Bobina înfășurată, împreună cu tubul din carton electrotehnic montat pe șablon înainte de bobinare, se izolează cu bandă de bumbac, apoi se usucă și se impregnează cu lac. La mașinile cu excitație serie, bobinele de excitație (polare) se confecționează din conductoare cu secțiunea mult mai mare decît la cele cu excitație derivație și au numărul de spire mult mai mic.

În timpul confecționării bobinelor polare trebuie executată cu grijă izolația capetelor și a trecerilor de la un strat la altul, deoarece, în aceste locuri, asupra izolației acționează fie tensiunea totală a bobinei, fie o mare parte din ea. Fixarea capătului interior al bobinei se face ca în figura 5.33, *a*. Pe capătul conductorului *1* se cositorește o bucată de tablă de cupru subțire *2*, care se acoperă cu carton electrotehnic *3*. Această terminație este bine presată de către spirele înfășurării ce se bobinează deasupra. Pentru lipirea legăturii dintre poli, la capătul legăturii se face ochiul 4.

Fixarea capătului exterior se face ca în figura 5.33, *b*. În figura 5.33, *c* este reprezentată fixarea ultimei spire a bobinei cu ajutorul benzii de bumbac *5* care presează ultimul strat al înfășurării.

Verificări necesare în faza de montaj a mașinii de c.c. Aceste verificări sînt necesare deoarece de multe ori se execută greșit legăturile la polii auxiliari și la cei principali. Verificarea constă din: determinarea polarității polilor principali și auxiliari, a legăturilor dintre ei, a legăturilor înfășurărilor de excitație, a înfășurărilor de compensare.

Determinarea polarității polilor se efectuează cu ajutorul acului magnetic, prin alimentarea înfășurării polilor (rotorul fiind scos din stator) și aducerea acului magnetic în dreptul polilor. După indicațiile acului se determină polaritatea fiecărui pol. Succesiunea polilor principali (notați cu literă mare) și a polilor auxiliari (notați cu literă mică), pentru sensul de rotație al motorului de la stînga la dreapta (privit motorul dinspre partea opusă cuplei), trebuie să fie: $N - n - S - s$ etc., iar pentru sensul de rotație de la dreapta la stînga: $S - n - N - s$ etc.

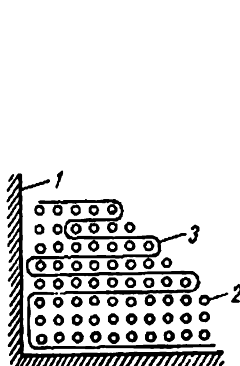


Fig. 5.32. Schița înfășurării bobinei polare:
1 — suport bobină; *2* — conductor; *3* — bandă de consolidare.

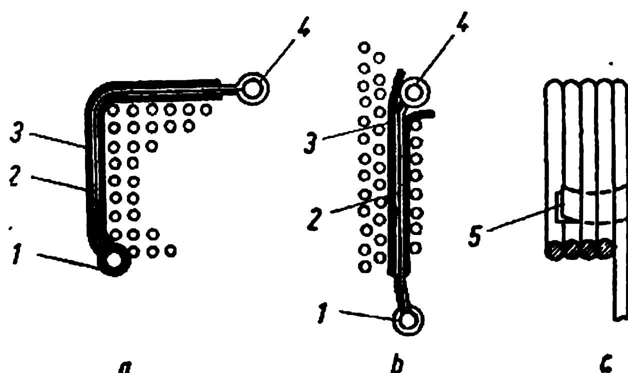


Fig. 5.33. Schița fixării capetelor bobinelor polare.

Verificarea legăturii între înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari se face prin metoda inducţiei, controlînd polarităţile. Legătura între înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari este realizată în acelaşi mod, indiferent de sensul de rotaţie a maşinii sau de regimul ei de funcţionare (motor sau generator).

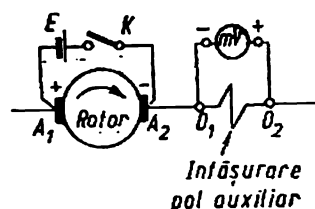


Fig. 5.34. Montaj pentru verificarea legăturii dintre înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari: E — baterie; K — întrerupător monopolar; mV — milivoltmetru.

Pentru verificare se realizează montajul din figura 5.34 şi prin conectări şi deconectări succesive ale întreruptorului K se determină polaritatea la bornele D_1 şi D_2. Rezultă o polaritate inversă, deoarece amperspirele de lucru ale polilor auxiliari sînt de sens contrar amperspirelor rotorului şi deci executarea legăturilor se face la polaritatea de acelaşi fel (ca în fig. 5.34).

Verificarea polarităţilor periilor. Cunoscîndu-se sensul de rotaţie al maşinii şi avînd determinată polaritatea polilor principali, se poate stabili polaritatea periilor. Se utilizează următoarele procedee:

— excitaţia maşinii se alimentează cu o polaritate dată. La perii se leagă un voltmetru de c.c. cu zero la mijloc şi se dă prin şoc o învîrtire a rotorului în sensul de funcţionare. După sensul deviaţiei acului aparatului şi după modul lui de legare se poate stabili polaritatea (fig. 5.35);

— se stabilesc două puncte *a* şi *a'* pe colector, ca în figura 5.36, între două perii succesive pe colector, de polaritate diferită, la distanţă egală. Cu un voltmetru se măsoară tesiunea între *a* şi *a'*. Cu un întreruptor se conectează şi se deconectează excitaţia maşinii la şi de la o sursă de tensiune mică, observîndu-se sensul deviaţiilor acului voltmetrului. Dacă la conectare deviaţia este în sensul pozitiv al scalei, iar la deconectare în sensul negativ, punctul *a* are polaritatea +, iar punctul *a'* polaritatea —. În acest caz periile imediate, mergînd pe colector în sensul invers sensului de rotaţie, vor avea polaritatea punctelor *a* şi *a'* (fig. 5.36).

● **Repararea colectorului.** Defectele des întîlnite la colector sînt:

— suprafaţa rugoasă, murdară sau ovalizată;
— scurtcircuite între lamele;
— canelare defectuoasă;
— mica dintre lamelele colectorului este ieşită deasupra lamelelor;

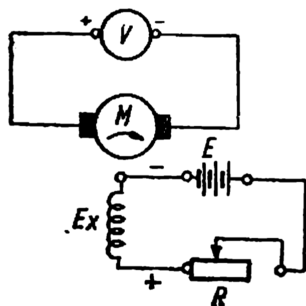


Fig. 5.35. Montaj pentru verificarea polarităţii periilor: V — voltmetru de c.c.; E — baterie; R — reostat.

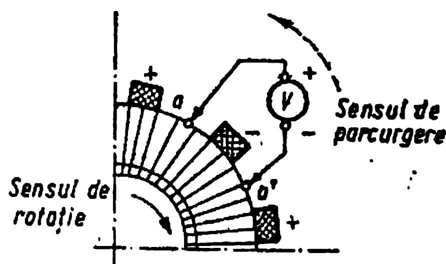


Fig. 5.36. Determinarea polarităţii periilor prin puncte de măsură pe colector

— lamelele sînt puse la masă;
— lamelele colectorului au foc;
— lamelele sînt arse.

Remedierea acestor defecte se execută după cum urmează:

În cazul colectoarelor cu suprafețele rugoasă, murdară, sau ovalizată se strunjește colectorul în stare rece și se șlefuiește cu bandă sticlată. Aceste operații se pot face fără demontarea lui de pe rotor iar pentru a împiedica șpanul produs la strunjire și praful de sticlă, cupru sau mică, produs la șlefuire, să intre în bobinaj, se înfășoară rotorul în hîrtie și se leagă cu sfoară. După obținerea suprafeței lustruite, colectorul se curăță și se aspiră cu aspiratorul (în cel mai rău caz se suflă cu aer comprimat). Apoi se execută canelarea micei dintre lamele cu cîrlige speciale, pentru a îndepărta pilitura metalică dintre lamele.

Cînd defectul constă în scurtcircuitarea lamelelor, mai întîi se determină cele scurtcircuitate cu ajutorul unei lămpi de control, care nu trebuie să se aprindă cînd electrozii ating două lamele vecine. Scurtcircuitele exterioare între lamele se înlătură cu ajutorul unei pînze de ferăstrău, sau cu un cîrlig special. Dacă scurtcircuitul este în interiorul colectorului (din cauza deteriorării conurilor izolante, sau cînd colectorul are o punere interioară la masă), colectorul trebuie demontat, reperat și remontat, operații care trebuie să fie făcute de întreprinderea constructoare, sau în ateliere specializate.

Dacă defectul colectorului constă în canelare defectuoasă sau în ieșirea lamelelor izolante deasupra lamelelor de cupru se execută canelarea corectă cu cîrlige speciale.

Jocul lamelelor colectoare se poate constata dacă, la lovirea lamelelor cu ciocanul (prin intermediul unei piese de metal moale), unele dintre lamele se deplasează. În cazul acestui defect, lamelele se pot fixa prin strîngerea conurilor de presare cu ajutorul buloanelor sau piulițelor de strîngere, concomitent cu încălzirea colectorului. La încălzirea colectorului trebuie avut grijă ca înfășurarea rotorului să fie protejată prin plăci de azbest.

În cazul lamelelor arse trebuie demontat colectorul, operație recomandată a fi executată în ateliere specializate sau de către întreprinderea constructoare.

● **Repararea inelelor colectoare, periilor, portperiilor, lagărelor, carcaselor** etc. precum și **echilibrarea rotorului** se execută în același mod ca și la mașina asincronă.

4. Încercările mașinilor reparate

În afara verificărilor de pe parcursul reparării, amintite în subcapitolele anterioare, mașinile electrice sînt supuse după remontare și înainte de a fi duse la locul lor de instalare, la următoarele probe (date mai jos).

a. Verificarea exterioară și a stării generale a mașinii

Se controlează suprafața exterioară a lagărelor, placa de borne, carcasa, portperiile, colectorul, inelele colectoare, aspectul interior al bobinajelor (cînd acestea sînt vizibile), starea vopselei.

b. Măsurarea întrefierului dintre rotor și stator

Măsurarea se face cu aparate speciale, în 4—8 puncte diametral opuse. Valorile obținute nu trebuie să difere față de media, egală cu semisuma lor, cu mai mult de $\pm 10\%$.

c. Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor

Se măsoară după cum urmează:

— pentru motoare asincrone cu $U_{nom} \geqslant 1$ kV sau $P_{nom} \geqslant 50$ kW, cu megohmmetrul de 2 500 V;

— pentru motoare asincrone cu $U_{nom} < 1$ kV, indiferent de putere și pentru motoarele de curent continuu, cu megohmmetrul de 1 000 V.

Rezultatele măsurărilor nu se normează. Valorile obținute nu trebuie însă să fie mai mici decît 70 % din datele de catalog. În lipsa lor se recomandă formula:

$$R_{iz} \geqslant \frac{U[V]}{1\,000 + \frac{P[kVA]}{100}} [M\Omega]. \qquad (5.13)$$

d. Încercarea rigidității dielectrice a înfășurărilor sau proba cu tensiune mărită alternativă 50 Hz

Se aplică o tensiune sinusoidală cu $f = 50$ Hz, izolației înfășurării care se încearcă, față de masă, la care s-au legat celelalte înfășurări ce nu se supun probei. Valoarea inițială a tensiunii de încercare nu trebuie să depășească jumătate din tensiunea nominală de încercare, iar variația ei trebuie făcută în trepte.

Timpul de încercare este de 1 min, iar timpul de creștere al tensiunii de încercare de la 0,5 $V_{înc}$ la valoarea prescrisă trebuie să fie de minimum 10 s.

Reducerea tensiunii se face treptat. Dispozitivul de încercat poate fi o trusă.

e. Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurării motoarelor

Se aplică înfășurării de excitație a motoarelor de c.c. și fazelor înfășurărilor motoarelor de c.a.

Rezultatele obținute nu trebuie să difere cu mult mai mult de 2 % față de datele inițiale de catalog. Proba se execută cu montaje de puncte de c.c.

f. Proba de mers în gol

Este necesară pentru determinarea comportării diverselor părți componente ale mașinii. În această perioadă se controlează încălzirea diverselor părți, funcționarea stabilă, comutația la colector, funcționarea periilor, ungerea normală și se măsoară vibrațiile lagărelor care nu trebuie să depășească 0,06 mm pentru motoarele cu turații de 3 000 t/min și 0,1 mm pentru cele cu turații $< 1\,500$ t/min.

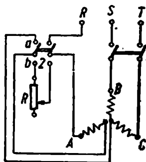


Fig. 5.37. Montajul metodei de încărcare artificială a motorului electric (*A, B, C* — fazele înfășurării statorice).

g. Proba de mers în sarcină

În atelierele de reparații, unde de regulă nu există standuri de probă adeovate, se utilizează două metode:

— *cu frînă electromagnetică*;

— *încărcarea artificială a motorului.*

● **Metoda de frînă electromagnetică** constă în folosirea unui grup motor-generator care alimentează un motor de c.c. de circa 10 kW, folosit drept frînă. La acest motor de c.c., bobinajul polilor principali și auxiliari este modificat pentru tensiunea generatorului de alimentare și legat în serie, în așa fel încît polii vecini să aibă polarități de sensuri contrare, iar rotorul este înlocuit cu un cilindru gol de oțel, cu un întrefier de 2 mm.

Curentul de excitație al frînei se reglează în limite largi cu ajutorul unui reostat. Drept cuplaj se poate folosi un universal de strung montat pe arborele frînei.

În vederea probelor, motorul de încercat se cuplează cu frîna și se conectează la rețea. Se reglează curentul de excitație al frînei, alimentat de grupul motor-generator, treptat pînă cind curentul în motorul de încercat atinge valoarea nominală (încărcarea se explică astfel: prin rotirea cilindrului de oțel în cîmpul magnetic produs de polii frînei, apar în acesta curenți turbionari și se creează un cuplu de frînare care echilibrează cuplul activ al motorului încercat).

● **Metoda de încărcare artificială.** Se alimentează statorul motorului de de încercat cu tensiunea nominală, iar după ce acesta ajunge la turația nominală se deconectează o fază, ale cărei capete se leagă la o rezistență variabilă, a cărei valoare se reglează în așa fel încît curentul în stator să atingă valoarea nominală (montajul este redat în figura 5.37).

La pornire se închide întreruptorul *1* și se aduce comutatorul *2* pe poziția *a*, pînă la atingerea turației nominale, după care se trece comutatorul pe poziția *b*. Dacă tensiunea de alimentare este reglabilă, se poate elimina rezistența variabilă *R* și se scurtcircuitează faza deconectată.

Metoda poate fi folosită atît la motoarele asincrone cu rotorul bobinat, cît și la cele cu rotorul în scurtcircuit.

În cadrul probelor de mers în sarcină se fac din nou verificările de la punctul *f* și, în plus, ridicarea caracteristicii de reglaj al vitezei.

D. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

1. Măsuri de protecție a muncii

În marea majoritate, accidentele ce survin în exploatarea, întreținerea și repararea mașinilor electrice se datoresc neglijenței sau lipsei de atenție. Pentru a evita aceste accidente se impune în mod deosebit la o disciplină, a personalului de exploatare prin respectarea normelor de exploatare a utila-

jelor și a echipamentului electric, a normelor de protecție a muncii și PSI, precum și prin folosirea unor mijloace de protecție corespunzătoare operațiilor efectuate de către acest personal.

Atît timp cît echipamentul electric se află în exploatare, cele mai frecvente accidente se datoresc electrocutării. Acțiunea curentului electric asupra organismului omenesc are ca efect provocarea de traumatisme externe (arsuri, ruperea țesuturilor, orbirea etc.) sau interne (tulburări ale sistemului nervos, ale funcționării sistemului cardiovascular și ale respirației).

Accidentarea unei persoane prin electrocutare se poate produce în următoarele condiții:

— cînd persoana atinge concomitent două elemente bune conducătoare de electricitate, între care există diferență de potențial electric (de exemplu atingerea a două faze, atingerea unei faze și a pămîntului etc.);

— atingerea cu picioarele a două puncte de pe sol, aflate la potențiale electrice diferite, în apropierea unei scurgeri de curent în pămînt;

— atingerea conductorului de nul, într-o porțiune neizolată, cînd rețeaua este dezechilibrată și cînd apar diferențe de potențial între nul și pămînt.

● Pentru evitarea accidentelor prin electrocutare, **pe durata exploatării mașinilor** electrice se iau următoarele măsuri de protecție:

— Manevrarea echipamentului de pornire a mașinilor electrice cu acționare manuală se execută purtînd mănuși electroizolante. În cazul instalării dispozitivelor de comandă în locuri cu umiditate se vor folosi mănuși, iar în fața acestui echipament se instalează platforme electroizolante (grătar de lemn cu izolatoare suport).

— La motoarele electrice protejate numai prin siguranțe și care nu au alte elemente de separație în fața acestora, înainte de începerea oricărei lucrări pe circuitul de forță, se vor demonta aceste siguranțe, folosind mănuși electroizolante și — în locuri umede — și o platformă electroizolantă, iar în locul lor se vor monta capace de siguranță fără fuzibil, vopsite în roșu.. În cazul în care elementele de protecție electrică ale motorului, se găsesc în altă încăpere, în mod suplimentar se va deconecta cablul de alimentare de la bornele motorului și se vor asigura conductoarele acestuia cu degetare de cauciuc.

— Corpurile mașinilor electrice și cele ale echipamentului din circuitul lor de forță trebuie să fie legate la pămînt.

Bornele înfășurărilor și cutiile terminale ale mașinilor electrice trebuie să fie închise, astfel încît să fie imposibilă ridicarea capacelor fără a demonta piulițele.

— Elementele în rotație trebuie îngrădite sau protejate de apărătoare (inele colectoare, curelele de transmisie, cuplele, ventilatoarele, părțile deschise ale arborilor etc.).

— Izolarea electrică a circuitului de forță, de pe care urmează a se demonta motorul electric, începe prin oprirea motorului, verificarea lipsei tensiunii, realizarea unei separații vizibile, care se va bloca, iar pe dispozitivul de acționare (heblu, întreruptor etc.) se va monta un indicator de interzicere: *„Nu închideți! Se lucrează"*.

— Este interzis a se lucra la conductorul de legare la pămînt atît timp cît motorul funcționează și alimentarea lui este conectată.

— La motoarele electrice se pot executa lucrări şi pe bază de instrucţiune tehnică internă. Aceasta însă nu exclude luarea tuturor măsurilor tehnice şi organizatorice care sînt necesare pentru asigurarea deplinei securităţi a personalului.

— Scoaterea plăcilor avertizoare şi repunerea în funcţiune a motoarelor se vor face numai dacă în registrul secţiei respective s-a consemnat faptul că lucrarea s-a terminat, precum şi numele persoanei care a comunicat acest lucru.

— În scopul prevenirii personalului de exploatare asupra pericolului de atingere a pieselor aflate sub tensiune, în vecinătatea acestora se afişează inscripţii sau placarde specifice; pentru fiecare fel de tensiune şi curent se vor utiliza notaţiile prevăzute în normative.

● **Pe parcursul executării reparaţiei maşinilor electrice** pot apărea noi cauze de accidentare atît prin electrocutare, cît şi de ordin neelectric:

— lămpile şi sculele electrice portative pot provoca electrocutări prin folosirea unor conductoare necorespunzătoare, prin lipsa legării la centura de pămîntare şi prin existenţa unor defecţiuni tehnice ce pot apărea la ele. În cazul lămpilor electrice, metoda cea mai sigură de protecţie este utilizarea tensiunilor de 24 V şi 36 V. În cazul sculelor electrice portative, care lucrează cu tensiuni de 120—220 V, securitatea muncii este asigurată prin construcţia şi calitatea sculelor. De aceea, este necesară verificarea lor periodică, iar utilizarea lor se face folosind o fişă de contact ce se racordează într-o priză cu contact de legare la pămînt;

— printre accidentele de ordin neelectric ce pot interveni în procesul reparării maşinilor electrice, se citează: lovituri, striviri, intrarea în ochi a corpurilor străine pe timpul suflării cu aer comprimat sau a canelării sau strunjirii pieselor, arsuri provocate de metalele topite din timpul sudării sau lipirii, intoxicaţii cu substanţe de lăcuire şi vopsire etc. De aceea, se impune ca în atelierele de reparat echipament electric personalul să cunoască măsurile de protecţie a muncii specifice tuturor operaţiilor locului de muncă şi să le respecte cu stricteţe.

2. Măsuri de prevenire şi stingere a incendiilor

În timpul exploatării maşinilor electrice, pe lîngă pericolul electrocutării, curentul electric poate provoca incendii, datorită încălzirii aparatajului electric în timpul funcţionării, în timpul scurtcircuitului sau suprasarcinilor. Arcurile electrice produse prin deranjamentele părţii electrice pot provoca arsuri personalului sau pot determina aprinderea prafului aglomerat sau a amestecului gazelor din atmosfera încăperii.

Pentru prevenirea pericolului de aprindere din cauza scînteilor şi a supraîncălzirii, trebuie luate următoarele măsuri:

● La regimul de funcţionare în plină sarcină, părţile motorului electric nu trebuie să se încălzească pînă la o temperatură periculoasă (lagărele nu trebuie să depăşească temperatura de 80°C).

● Părţile din clădiri şi părţile din utilaje care sînt expuse acţiunii arcului electric trebuie să fie neinflamabile.

● Siguranţele, întreruptoarele şi alte aparate asemănătoare, care în timpul exploatării pot provoca întreruperea curentului electric, trebuie acoperite cu carcase.

● Părţile reostatelor şi ale celorlalte aparate care se încălzesc în timpul funcţionării trebuie montate pe socluri izolate termic.

● Utilajul care lucrează în medii de praf sau gaze trebuie să fie acţionat cu motoare electrice antiexplozive, iar instalaţiile şi aparatajul să fie în execuţie antiexplozivă.

● Pentru a se putea interveni cu eficacitate în caz de incendiu, se recomandă ca lîngă maşinile-unelte (sau în secţii) să fie amplasate extinctoare cu CO_2. Folosirea apei este interzisă la stingerea incendiilor în instalaţiile electrice, deoarece prezintă pericol de electrocutare şi determină şi extinderea defecţiunii.

Capitolul 6

ASPECTE SPECIFICE ALE EXECUȚIEI, ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII INSTALAȚIILOR ELECTRICE DIN MEDIUL EXPLOZIV

A. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DIN PUNCTUL DE VEDERE AL PROTECȚIEI NORMALE

Toate echipamentele electrice, prin construcție, trebuie să ofere un anumit grad de protecție *(protecție normală)*. Aceasta se referă la:

— protecția persoanelor împotriva atingerii sau apropierii de părțile aflate sub tensiune și împotriva atingerii pieselor în mișcare din interiorul carcasei (cu excepția arborilor netezi în rotație și a pieselor similare), precum și protecția echipamentelor electrice contra pătrunderii corpurilor străine solide;

— protecția echipamentelor electrice contra pătrunderii apei.

● **Din punctul de vedere al protecției persoanelor**, echipamentele electrice se pot executa în șapte variante *, simbolizate fiecare printr-o cifră:

0 — neprotejate, ceea ce presupune că atingerea părților sub tensiune și a părților în mișcare din interiorul carcasei nu este împiedicată; de asemenea, pătrunderea corpurilor solide străine nu este împiedicată;

1 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine cu diametrul mai mare de 50 mm, ceea ce presupune că atingerea accidentală sau involuntară a părților interioare sub tensiune sau în mișcare cu o suprafață mare a corpului omenesc (de exemplu cu mîna) nu este posibilă. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametrul pînă la 50 mm este posibilă;

2 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 12 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea întîmplătoare sau voită, cu degetul sau cu obiecte analoage a căror lungime nu depășește 80 mm, a părților interioare sub tensiune sau în mișcare este împiedicată. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametrul egal cu sau peste 12 mm este împiedicată;

3 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 2,5 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea cu scule, sîrme etc. cu diametrul sau grosimea egale cu sau peste 2,5 mm a părților interioare sub tensiune sau în mișcare este împiedicată. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametre egale cu sau mai mari de 2,5 mm este împiedicată;

4 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 1 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea cu sîrme sau benzi cu grosimi peste 1 mm a părților interioare sub tensiune sau în mișcare este

* Acestea sînt stabilite prin STAS 5325-79.

împiedicată. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametre egale cu sau peste 1 mm este împiedicată;

5 — protejate parțial contra pătrunderii prafului, ceea ce presupune că atingerea în orice fel a părților interioare sub tensiune sau în mișcare este total împiedicată. Pătrunderea prafului nu este complet împiedicată, el putînd pătrunde numai în măsura în care nu împiedică buna funcționare a echipamentului electric;

6 — protejate total contra pătrunderii prafului, ceea ce presupune că atingerea în orice fel a părților interioare sub tensiune sau în mișcare este total împiedicată. Pătrunderea prafului este complet împiedicată.

● **Din punctul de vedere al protecției contra pătrunderii apei**, echipamentele electrice se pot executa în nouă variante, simbolizate fiecare printr-o cifră:

0 — neprotejate, ceea ce presupune că pătrunderea apei nu este împiedicată;

1 — protejate contra picăturilor verticale de apă, ceea ce presupune că picăturile de apă ce cad vertical nu trebuie să aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

2 — protejate contra picăturilor de apă ce cad sub un unghi de maximum 15° față de verticală, ceea ce presupune că picăturile de ploaie ce cad sub un unghi de maximum 15° față de verticală trebuie să nu aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

3 — protejate contra apei căzînd ca ploaia, ceea ce presupune că apa căzînd ca ploaia, sub un unghi de maximum 60° față de verticală, trebuie să nu aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

4 — protejate contra stropirii cu apă, ceea ce presupune că apa proiectată din toate direcțiile asupra carcasei unui echipament electric trebuie să nu aibă efecte dăunătoare;

5 — protejate contra jeturilor de apă, ceea ce presupune că apa proiectată din orice direcție cu ajutorul unui furtun asupra carcasei unui echipament electric trebuie să nu aibă efecte dăunătoare;

6 — protejate contra condițiilor de pe puntea navelor, ceea ce presupune că apa provenită din valuri sau jeturi puternice trebuie să nu pătrundă în carcasa echipamentului în cantitate dăunătoare;

7 — protejate contra efectelor imersării în apă, ceea ce presupune că pătrunderea apei în cantitate dăunătoare în interiorul carcasei unui echipament electric total imersată în apă (la o presiune dată și un timp anumit) trebuie să nu fie posibilă;

8 — protejate contra imersării prelungite în apă, ceea ce presupune că echipamentele rezistă la imersiune prelungită în apă în condițiile prescrise de producător.

● **Gradul normal de protecție** se simbolizează prin literele caracteristice *IP* (protecție internațională), urmate de două cifre caracteristice:

— prima cifră indică protecția persoanelor;

— a doua cifră indică protecția echipamentului contra pătrunderii apei.

De exemplu, un echipament cu gradul normal de protecție *IP 54* este protejat parțial contra pătrunderii prafului (semnificația cifrei 5) și protejat contra stropirii cu apă (semnificația cifrei *4*).

Cînd gradul normal de protecție se exprimă printr-o singură cifră caracteristică, cifra omisă se înlocuiește cu litera *X* (de exemplu *IP X4*, *IP 2X* etc.).

Cînd pentru echipamentele electrice se prevăd condiţii suplimentare de execuţie, se folosesc, în notarea gradului normal de protecţie, literele *W*, *S* şi *M* cu următoarele semnificaţii:

W — arată că echipamentul electric este construit pentru a oferi protecţie suplimentară (de exemplu la condiţiile atmosferice etc.). Această protecţie este specifică în norma tehnică a produsului. Litera *W* se plasează între grupul de litere *IP* şi grupul de cifre caracteristice (de exemplu, *IP W 23*, *IP W 54* etc.);

S — arată că verificarea protecţiei contra pătrunderii apei se face asupra echipamentului scos din funcţiune;

M — arată că această verificare se face asupra echipamentului în timpul funcţionării lui. Litera *S* sau *M* se plasează după grupul de cifre caracteristice (de exemplu, *IP W 23 S*, *IP W 23 M* etc.).

B. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DIN PUNCTUL DE VEDERE AL PROTECŢIEI ANTIEXPLOZIVE

În afara protecţiei mecanice, menţionată mai sus, în industria chimică, în exploatările petrolifere şi de cărbuni, echipamentele electrice trebuie să mai asigure şi protecţia împotriva aprinderii amestecurilor explozive. Din acest punct de vedere echipamentele se împart în două grupe:

— ***grupa I***, care cuprinde echipamentele cu protecţie antigrizutoasă *. Au simbolul *Ex. I*;

— ***grupa a II-a***, care cuprinde echipamentele cu protecţie antiexplozivă. Au simbolul *EX*. II;

Grupa a *II*-a se subdivide în trei subgrupe şi şase clase de temperatură. Subgrupele s-au stabilit în funcţie de caracteristicile atmosferei explozive pentru care este destinat echipamentul (simbolurile acestora sînt *II A*, *II B* şi *II C*). Echipamentele electrice din cele trei subgrupe diferă prin mărimea jocului (interstiţiului) admis între suprafeţele de îmbinare. Clasele de temperatură (simboluri *T1* ... *T6*) s-au stabilit în funcţie de temperatura maximă pe care o poate avea suprafaţa exterioară a echipamentului electric. Acestea sînt indicate în tabelul 6.1.

Modul de protecţie reprezintă măsurile specifice aplicate echipamentelor electrice cu protecţia antigrizutoase şi antiexplozivă pentru împiedicarea aprinderii atmosferei explozive exterioare, de către acestea. STAS 6877/1-73 stabileşte următoarele moduri de protecţie:

— **capsularea antideflagrantă** (simbol *d*), care presupune că cutia sau carcasa echipamentului electric este capabilă să suporte o explozie internă a unui amestec exploziv, care poate să pătrundă în interior, fără să sufere avarii şi fără să transmită inflamarea (explozia) din interior la o atmosferă explozivă exterioară:

— **capsularea presurizată** (simbol *p*), care presupune că părţile periculoase ale echipamentului (de exemplu contactele electrice) sînt amplasate în interiorul unei cutii, carcase etc., în care formarea unei atmosfere explozive este împiedicată de prezenţa unei atmosfere protectoare presurizate (la o presiune mai mare decît a mediului ce înconjoară cracasa);

— **siguranţa intrinsecă** (simbol *i*), care presupune că circuitul electric, în condiţii de funcţionare normală sau în condiţii de defect, nu poate aprinde o atmosferă explozivă prin arcuri electrice sau efect termic;

* *Grizu* este un amestec natural de gaze inflamabil şi explozibil, în care predomină metanul şi care se degajă din crăpăturile rocilor din zăcămintele de cărbuni.

— **înglobarea în nisip** (simbol *q*), care presupune că părţile periculoase ale echipamentului electric sînt închise într-o carcasă şi înglobate în nisip, astfel încît să nu fie posibilă aprinderea unei atmosfere explozive înconjurătoare nici prin arcuri electrice nici prin efect termic;

— **imersiunea în ulei** (simbol *o*), care presupune că părţile peliculoase ale echipamentului electric sînt imersate în ulei, astfel încît arcurile electrice sau gazele fierbinţi formate sub ulei nu pot aprinde o atmosferă explozivă care se poate găsi deasupra suprafeţei uleiului;

— **siguranţa mărită** (simbol *e*), care presupune luarea unor măsuri suplimentare faţă de cele adoptate în practica industrială obişnuită, aşa încît să se obţină creşterea securităţii împotriva posibilităţilor de încălzire excesivă şi a producerii de arcuri electrice în interiorul echipamentelor electrice care în funcţionare normală nu produc arcuri electrice şi încălzire excesivă;

— **modul special** (simbol *s*), care presupune că aprinderea atmosferei explozive de către echipamentul electric este împiedicată prin alte măsuri decît cele arătate mai sus.

În tabelul 6.1 sînt prezentate toate simbolurile folosite pentru indicarea protecţiei antigrizutoase şi antiexplozive, cît şi modul lor de utilizare.

TABELUL 6.1

Simboluri şi exemple de simbolizare pentru protecţia antigrizutoasă şi antiexplozivă (după STAS *6877/1-73*)

	Specificare		Simbol
Moduri de protecţie	Capsularea antideflagrantă		*d*
	Capsulare presurizată		*p*
	Siguranţă intrinsecă		*i*
	Înglobare în nisip		*q*
	Imersiune în ulei		*o*
	Siguranţă mărită		*e*
	Mod special		*s*
Domeniul de destinaţie	Mine grizutoase		*I*
	Alte sectoare industriale		*II*
Grupe de gaze şi vapori explozivi	Interstiţiul maxim admis constructiv la modul de protecţie *d* pentru lungimea de îmbinare $L = 25$ mm	$W = 0{,}5$ mm	*I*
		$W = 0{,}5$ mm	*II A*
		$W = 0{,}3$ mm	*II B*
		$W = 0{,}2$ mm	*II C*
Clasele de temperatură	Temperatura maximă de suprafaţă	450°C	*T1*
		300°C	*T2*
		200°C	*T3*
		135°C	*T4*
		100°C	*T5*
		85°C	*T6*

	Specificare	Simbol
Ordinea de simbolizare	Grupa *I* — protecţie antigrizutoasă, astfel: lîngă simbolul general se adaugă simbolul modului (sau modurilor) de protecţie şi simbolul grupei (*I*) Grupa *II* — protecţie antiexplozivă; astfel: lîngă simbolul general *Ex.* se adaugă simbolul modului (sau modurilor) de protecţie, simbolul grupei (*II*), simbolul subgrupei de explozie (*A*, *B*, *C*) (numai pentru capsulare antideflagrantă) şi simbolul clasei de temperatură	*Ex*: ...*I* *Ex*...*II*... ...*T*...
Exemple de simbolizare Protecţia antigrizutoasă, capsulare antideflagrantă		*Ex.d.I*
Protecţie antigrizutoasă antiexplozivă, capsulare antideflagrantă, subgrupa II B şi clasa T3 de temperatură		*Ex.d.I IIBTC3*
Protecţie antigrizutoasă, siguranţa mărită combinată cu capsularea presurizată		*Ex.e.p.I*
Protecţie antiexplozivă, capsulare antideflagrantă, subgrupa II*A* şi clasa de temperatură T4		*Ex-dIIAT4*

C. EXECUTAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE ÎN MEDIUL EXPLOZIV

Echipamentele electrice ce se utilizează în mediile explozive au o construcţie specială, mult diferită de execuţia normală. Ele sînt mult mai robuste, au masa şi dimensiunile mult mai mari decît a aceloraşi echipamente în execuţie normală.

1. Montarea corpurilor de iluminat

Pentru exemplificare s-a ales corpul de iluminat antiexploziv *AV-125* (sau *AV*-80), prezentat în figura 6.1., Acest tip de corp de iluminat are un grad normal de protecţie *IP 54* şi antiexplozivă-antigrizutoasă *Ex. de I/II A B C T 4*. Corpul de iluminat se compune din trei părţi principale:

— compartimentul optic *1*, format dintr-o carcasă turnată din aluminiu şi un glob de sticlă rezistent la şocuri termice şi mecanice;

— cutia de borne şi piesele pentru introducerea cablului *2*, executate din aluminiu prin turnare;

— compartimentul balastului *3*, format dintr-o carcasă executată tot din aluminiu turnat.

Sursa de lumină este un balon fluorescent de 125 W sau 8 W. Globul din sticlă este protejat de un grătar confecţionat din sîrmă de oţel. Grătarul mai are rolul de a fixa globul de carcasă.

Caracterul general al execuţiei corpului de iluminat este: capsularea antideflagrantă *d*. În acelaşi timp cutia cu borne este în execuţie cu siguranţă mărită *e*. Clasa de temperatură a corpului de iluminat este *T 4*, temperatura la suprafaţa acestuia putînd ajunge pînă la 135°C.

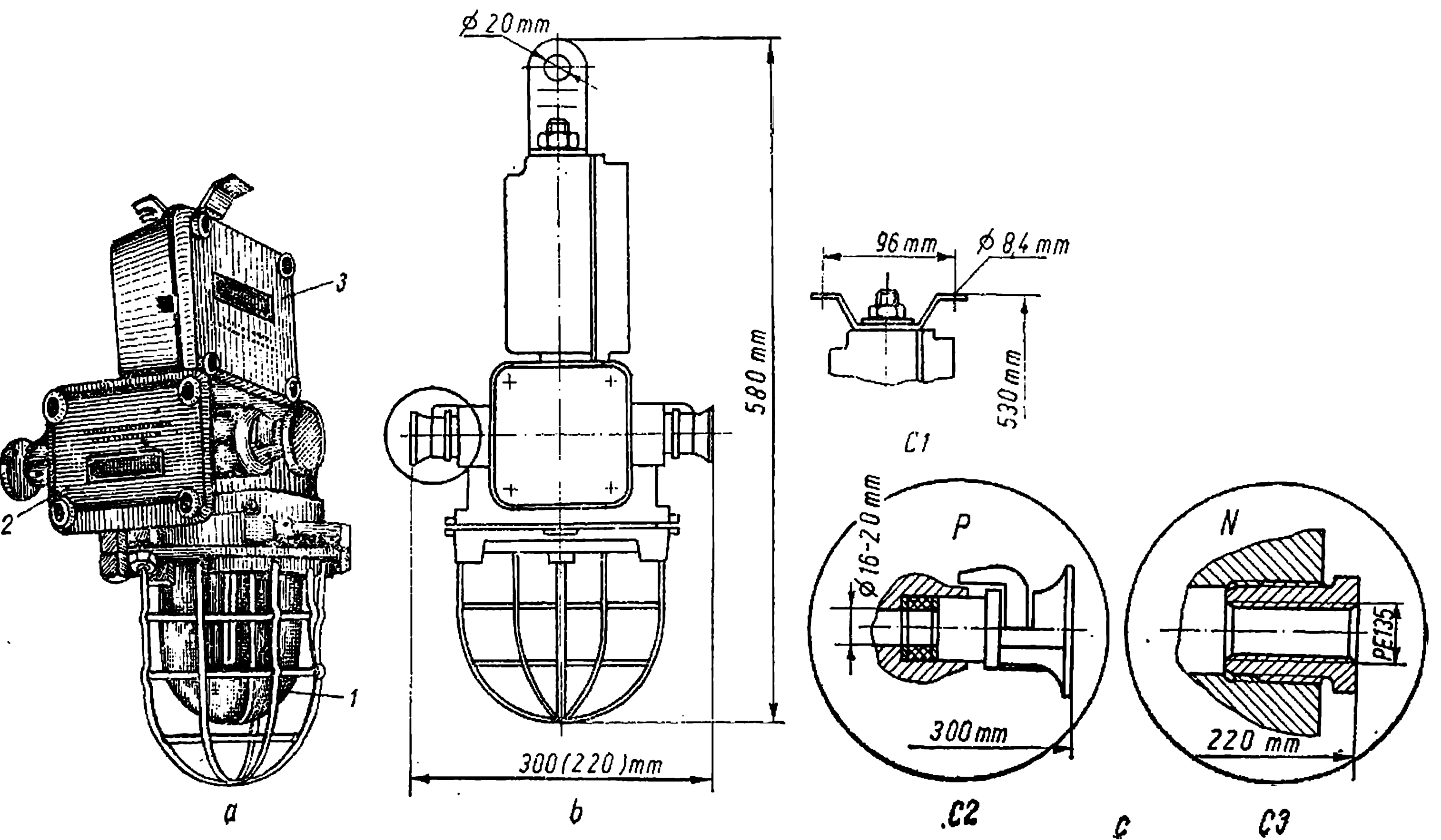


Fig. 6.1. **Corpul de iluminat antiexploziv:** *AV-125:*
a — vedere; *b* — schiță; *c* — detalii.

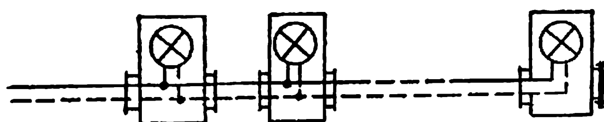


Fig. 6.2. Legarea corpurilor de iluminat antiexplozive.

Corpul de iluminat se montează cu cîrlig de suspendare (fig. 6.1, *b*) sau cu placă de fixare pe elementele de construcţii (detaliul C_1 din figura 6.1, *c*). Alimetarea cu energie electrică se face prin cabluri de energie care au acces în cutia de borne:

— prin pîlnii (detaliul *C2* din figura 6.1), atunci cînd cablurile sînt montate aparent;

— prin nipluri (detaliul *C3* din figura 6.1), atunci cînd cablurile sînt montate în tuburi de protecţie metalice (*PEL 13,5* mm). Corpul de iluminat este prevăzut cu două căi de acces în cutia de borne, deoarece aceasta este utilizată şi ca doză de derivaţie.

În figura 6.2 se arată schema electrică a acestui mod de legare a corpurilor de iluminat la reţea. La utlimul corp de iluminat, una din căile de acces pentru cablul electric se va etanşa cu un capac.

Sursa de lumină se poate schimba fără risc, deoarece la desfacerea compartimentului optic, automat corpul de iluminat este scos de sub tensiune.

2. Montarea motoarelor electrice

Motoarele electrice cele mai frecvent folosite în execuţia antiexplozivă — antigrizutoasă sînt cele asincrone, trifazate cu rotorul în scurtcircuit. La acestea se vor face cîteva referiri în continuare.

Aceste motoare au un grad normal de protecţie *IP 44* şi antiexplozivă Ex. *d II AB T 3*. Construcţia (fig. 6.3) este identică cu a motoarelor utilizate în mediul normal, cu deosebirea că carcasa acestora asigură protecţie antiexplozivă (şi antigrizutoasă — după caz). Aceasta face ca dimensiunile de gabarit şi masa lor să fie mult mai mari decît a celor normale.

Alimentarea cu energie electrică se face prin cablu montat aparent, sau în tub de protecţie metalic. De aceea, cutia de borne este prevăzută cu o cutie terminală necesară racordării cablului electric.

Montarea motoarelor antiexplozive se face la fel ca şi montarea în mediu normal.

Din punctul de vedere al exploatării, acestea nu pun nici un fel de probleme, deoarece pe tot timpul funcţionării nu se intervine.

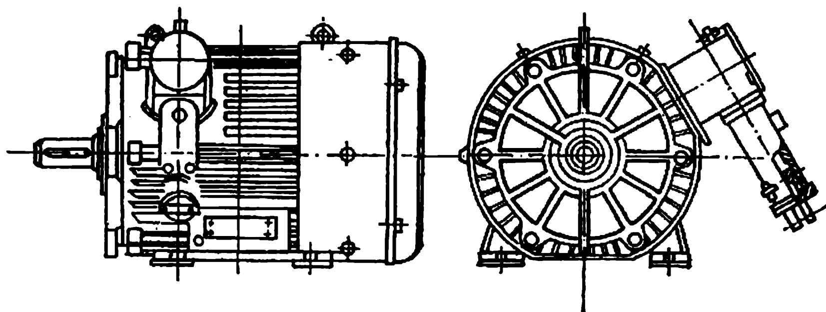


Fig. 6.3. Motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit în execuţie antiexplozivă.

3. Montarea tuburilor de protecție, pieselor de legătură și dozelor

În mediile cu pericol de explozie, pentru protecția conductelor electrice sau a cablurilor se folosesc ca tuburi de protecție țevile din oțel galvanizat cu grosimea peretelui de minimum 2 mm. Diametrul țevii se va alege în funcție de mărimea cablului sau a numărului de conductoare ce trebuie protejate. Diametrul minim admis pentru protecția conductelor electrice de energie sau a cablurilor este de 3/4" și de 1/2" pentru conductele circuitelor de automatizare, măsură și comandă.

Îmbinarea țevilor se va face numai prin filetare, folosind mufe și coturi (sau curbe). Aceste piese poartă numele de *fitinguri*. La capătul țevii, filetul trebuie să cuprindă minimum cinci filete complete, continue și consecutive.

Ramificarea sau înnădirea conductelor (sau cablurilor) electrice se execută numai în doze antiexplozive sau antigrizutoase (fig. 6.4), în funcție de mediu.

În încăperile cu pericol de explozie, țevile se montează pe un singur rînd și la o depărtare minimă de 2 cm față de perete sau de tavan (pentru a se putea curăța ușor). Fixarea lor se face cu unul din dispozitivele utilizate în mod curent în mediul normal (console, brățări, scoabe, scleme etc.), care nu este atacat de mediu.

Atunci cînd țevile pentru conductele electrice sînt montate împreună cu țevile tehnologice care transportă vapori sau gaze acide acestea se amplasează:

— mai jos de conductele tehnologice, cînd greutatea specifică a vaporilor sau gazelor este mai mică decît 0,75 γ (unde γ este greutatea specifică a aerului);

— mai sus de conductele tehnologice, cînd greutatea specifică a vaporilor sau gazelor este mai mare decît 0,75 γ.

În încăperile umede și în exterior țevile se montează cu pantă (1‰) pentru a permite scurgerea condensului. În locurile de acumulare a condensului se prevăd fitinguri și doze speciale ce permit îndepărtarea acestuia.

Țevile pentru conductele electrice se fixează rigid (dar nu prin sudare), în special în apropierea receptoarelor, aparatelor electrice sau echipamentelor mobile astfel:

— la maximum 0,3 m de corpul de iluminat;

— la maximum 0,8 m de motor sau aparatul electric;

— pe întreaga lungime (cu puncte de fixare între 1,5—2,5 m) care trece pe sub transportoare, mașini sau alte echipamente mobile.

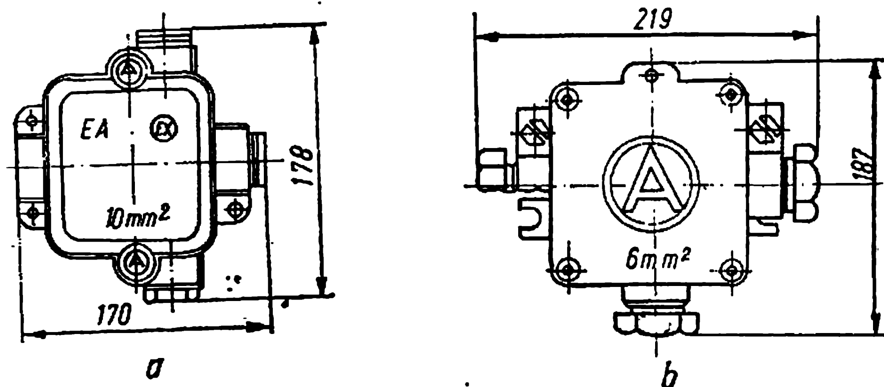


Fig. 6.4. Doze:
a — antiexplozive; *b* — antigrizutoase.

La intersecţia ţevilor pentru conductele electrice cu ţevi tehnologice din care pot să curgă reactivi chimici (atît la montajul aparent cît şi la cel îngropat), primele se vor proteja în zona comună cu ţevi groase.

Nu se admite montarea ţevilor pentru conductele electrice:

— direct pe pardoseală;

— în pardoseală, dacă distanţa pînă la suprafaţa pardoselii este mai mică de 2 cm.

4. Executarea îmbinărilor între conductoarele electrice

Toate îmbinările ţevilor cu cutiile aparatelor electrice, maşinilor electrice, corpurilor de iluminat şi tablourilor electrice se vor executa cu posibilitatea înlocuirii aparatului sau a maşinii fără demontarea ţevii. În toate aceste cazuri, legăturile electrice sînt rigide, deoarece conductele electrice intră direct în cutia de legătură (a aparatelor, maşinilor etc.). Pentru executarea unor legături flexibile între conductele electrice ale reţelei (rigide) şi bornele aparatului, motorului etc. (care sînt supuse la vibraţii o dată cu cutia de legături) se intercalează un cablu flexibil sau un tub flexibil, astfel:

— un cablu flexibil din cupru, cînd secţiunea conductoarelor este între $4 \times 2{,}5$ mm^2 şi $3 \times 70 + 35$ mm^2, acesta avînd piese de etanşare la ambele capete;

— un tub flexibil în care se introduc conductele electrice ale reţelei. Tubul flexibil va avea piese de etanşare la ambele capete. În interiorul tubului flexibil se montează numai conductoare din cupru.

Conductele electrice ce se folosesc în instalaţiile electrice din mediul exploziv sînt de regulă cu conductoarele confecţionate din cupru (mono şi multifilar). Modurile de îmbinare a conductoarelor sînt: cu cleme, prin sudare, prin lipire şi cu papuc. În mediile foarte umede sau chimic active nu se recomandă îmbinarea prin cleme de strîngere. La executarea legăturilor cu şuruburi se vor prevedea şaibe de blocare sau şaibe grower contra autodeşurubării. Pentru acelaşi motiv, filetul şurubului se încarcă cu vopsea după îmbinare. În cazurile în care izolaţia din cauciuc de pe conductoarele electrice ce se leagă la aparate umplute cu ulei este acoperită cu ulei se înlocuieşte cu un material izolator rezistent la ulei (mărgele din ceramică, material termoplastic etc.).

5. Etanşarea instalaţiilor electrice

Etanşarea este obligatorie pentru:

— fiecare conductă care intră sau părăseşte o carcasă în care se află echipament electric şi este montată într-un mediu exploziv;

— conductele ce trec dintr-o încăpere cu pericol de explozie, într-o încăpere cu mediu normal.

Locurile de etanşare sînt prevăzute în proiectul instalaţiei respective. Etanşarea se realizează printr-un fiting special. Acesta se umple, prin turnare, cu o masă de etanşare. Instrucţiunile de preparare şi turnare a masei de etanşare sînt date de întreprinderea producătoare a acesteia. Înainte de turnare, fitingul şi conductele electrice se curăţă foarte bine de murdărie (în fitingul de etanşare nu există legături electrice; acestea se fac numai în doze). Nu este permis a se umple cu masa de etanşare dozele de legătură, cutiile de borne sau alte locuri în care există legături electrice.

Fitingul de etanşare se prevede de regulă în încăperea cu pericol de explozie. Între acesta şi pereţele încăperii, prin care trece conducta se protejează conductele electrice, nu se admite montarea unor piese de legătură, de ramificare etc. Fitingul de etanşare se poate monta pe partea cealaltă a încăperii cu pericol de explozie cînd:

— conducta pe care se montează se termină imediat după perete şi conductoarele electrice îşi continuă traseul;

— instalaţia este îngropată în perete sau pardoseală şi conductoarele care ies din ţeavă sînt legate la un tablou electric.

După etanşare se execută proba de etanşeitate. Presiunea de probă este de 0,5 atmosfere. Proba durează 3—5 minute, timp în care presiunea nu trebuie să scadă sub 0,4 atmosfere.

6. Montarea cablurilor

Cablurile electrice pot înlocui conductele electrice protejate în ţeavă. În mediul exploziv se pot monta cabluri pentru tensiuni pînă la 10 kV. Se recomandă ca în încăperi să nu se prevadă cabluri pentru tensiuni mai mari de 1 kV. De asemenea, traseele cablurilor trebuie alese în aşa fel încît:

— lungimea cablurilor să fie minimă;

— numărul de manşoane şi derivaţii să fie de asemenea minim.

Nu se pot monta cabluri în canalele sau tunelurile care cuprind conducte de gaz metan, conducte de produse uşor volatile şi lichide inflamabile, conducte pentru alimentarea cu apă pentru incendiu sau în canale, tuburi sau tunele pentru ventilaţii.

Cablurile se pot monta în canalele sau tunelele care cuprind conducte de aer, de apă potabilă, de apă pentru încălzire. În aceste situaţii, cablul de energie se va monta deasupra acestor conducte.

Cînd este obligatorie montarea cablurilor în pămînt cu acţiune chimică importantă se vor adopta numai cabluri armate şi manta de protecţie adecvată (din plumb, din iută sau masă plastică).

În încăperile, cablurile se vor monta în aşa fel încît să fie accesibile pentru reparaţii. Dacă se montează la o înălţime de pînă la 1,2 m de la pardoseală, se protejează obligatoriu cu ţevi din oţel.

La trecerea prin pereţi şi pardoseli, cablurile se protejează cu ţevi cu diametrul de 1,5 ori diametrul exterior al cablului. Atunci cînd traversarea se face către o încăpere cu grad de pericol diferit, golurile necesare traversării se etanşează cu materiale incombustibile.

Cablurile electrice se pot monta şi în pardoseală, dar protejate în ţevi îmbinate prin filet.

D. ÎNTREŢINEREA ŞI REPARAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE DIN MEDIUL EXPLOZIV

Pentru a urmări dacă instalaţiile electrice au fost executate corect (conform normativelor în vigoare) şi dacă sînt într-o stare de utilizare normală, ele se verifică:

— la punerea lor în funcţiune;

— ori de cîte ori se face o modificare importantă în instalații;
— în mod periodic.

1. Verificarea la punerea în funcțiune

Această verificare cuprinde:

— **verificara preliminară**, care se execută pe tot timpul executării lucrărilor de instalații electrice;

— **verificara definitivă**, care cuprinde următoarere operații:

— efectuarea tuturor încercărilor și verificărilor prevăzute în instrucțiunile și cărțile tehnice ale echipamentelor electrice;

— efectuarea probei complexe de funcționare pe o durată continuă de 72 ore, sub dublă supraveghere (personalul de montaj și personalul de exploatare);

— obținerea tuturor autorizațiilor de funcționare impuse de legislația în vigoare;

— instruirea personalului de exploatare și întreținere;

— întocmirea instrucțiunilor scrise pentru exploatarea instalațiilor electrice și afișarea lor la loc vizibil pentru principalele echipamente și agregate;

— pregătirea pieselor de rezervă și a stocului de materiale pentru exploatare;

— asigurarea sursei de rezervă pentru alimentarea cu energie electrică (cînd este cazul).

2. Verificarea ori de cîte ori se face o modificare importantă în instalație

Aceasta se face întocmai ca și verificarea definitivă, dar numai asupra părții care s-a modificat.

3. Verificarea periodică

Verificarea periodică are drept scop să controleze starea în care se găsesc instalațiile electrice la un moment dat.

Aceste verificări se fac la intervale regulate, ce depind de acțiunea mediului asupra instalațiilor electrice, dar nu mai rar de 6—12 luni. În cadrul acestor verificări se urmărește;

— etanșeitatea instalației, cînd conductele electrice sînt protejate în țeavă;

— corectitudinea legării la pămînt a părților metalice care în mod accidental pot ajunge sub tensiune;

— starea conexiunilor electrice în cutiile de legătură;

— dacă echipamentele antiexplozive își păstrează caracteristicile de securitate.

Dacă sînt semnalate deficiențe, se trece la remedierea lor, după care se pune din nou în funcțiune instalația.

Repararea, ca și modificarea echipamentelor electrice antiexplozive se execută numai de către muncitori special calificați și care, de regulă, sînt trimiși de fabricile constructoare de astfel de echipament.

Cînd lucrările de reparații nu influențează protecția antiexplozivă, acestea pot fi făcute fără restricția de mai sus. Astfel de lucrări sînt:

— lucrări curente de exploatare (cum ar fi înlocuirea pieselor uzate de conectare, de protecție etc.);

— schimbarea releelor și declanșatoarelor din instalație;

— reetalonarea aparatelor de măsurat;

— schimbarea lagărelor la motoare etc.

Înainte de punerea în funcțiune a instalației se face o verificare atentă a legării la pămînt a tuturor carcaselor, stelajelor, batiurilor metalice aflate în apropierea instalațiilor electrice.

E. PROTECȚIA CONTRA ELECTRICITĂȚII STATICE

În mediile cu pericol de explozie este obligatoriu să se ia o serie de măsuri care să evite acumularea electricității statice pe diferite materiale, utilaje sau elemente de construcție. Potențialele electrostatice periculoase apar îndeosebi la:

— transportul lichidelor pe conducte cu viteze peste 0,7—1 m/s;

— la executarea operațiilor de umplere și golire a unor utilaje sau rezervoare, mai ales cînd aceasta se face prin cădere liberă;

— la ieșirea prin ajutaj a gazelor comprimate sau lichefiate și mai ales atunci cînd gazele conțin și lichid fin pulverizat (la operațiile de vopsire prin sprițuire);

— la transportul substanțelor sub formă de pulbere într-un flux de aer sau gaz;

— la procesele de măcinare, cernere, filtrare a aerului sau gazelor, impurificare cu praf, sau la desprăfuire;

— la amestecarea substanțelor în amestecătoare;

— la prelucrarea substanțelor pe valțuri, calandre;

— la cauciucarea pînzeturilor;

— la funcționarea transmisiunilor prin curele, a transportoarelor cu benzi de cauciuc rău conducător etc.

Existența unor părți din instalații sau construcție la potențial ridicat poate conduce la descărcări electrice între acestea și alte elemente similare de potențial mai scăzut sau nul. În mediile cu pericol de explozie o astfel de descărcare ar produce accidente grave și distrugeri mari de bunuri.

Pentru a evita acumulările de sarcini electrostatice se pot aplica următoarele măsuri:

— legarea la pămînt a utilajelor, conductelor, rezervoarelor etc., în care se manifestă sau poate să se acumuleze electricitatea statică;

— se vor umezi suprafețele supuse electrizării. De asemenea se va realiza o umezire generală a încăperii pînă la 75% umiditate relativă și chiar mai mult;

— se vor adopta pardoseli cu conductibilitate electrică mărită.

De asemenea se vor lua și alte măsuri specifice fiecărui proces tehnologic în parte, care constau în:

— purificarea lichidelor de particulele coloidale;

— purificarea gazelor de particulele lichide și solide în suspensie;

— umplerea utilajelor, rezervoarelor etc. cu gaz inert (de preferință azot);

— ionizarea aerului, utilizînd substanțe radioactive etc.

Capitolul 7

INSTALAŢII ELECTRICE SPECIFICE PROCESELOR INDUSTRIALE

A. SUDAREA CU ARC ELECTRIC

1. Procesul sudării

Sudura este *îmbinarea realizată între două piese metalice prin intrarea atomilor periferici în reţeaua cristalină comună.* Dacă piesele au aceeaşi compoziţie chimică, sudura este *omogenă,* altfel este *eterogenă* (sau *lipitură*). Acţiunea prin care se realizează îmbinarea pieselor se numeşte **sudare.** După procedeul de sudare electrică se deosebesc: *sudarea cu arc electric, sudarea sub zgură topită* şi *sudarea prin presiune.*

● În figura 7.1 se indică **elementele componente ale unei instalaţii de sudare** şi anume:

— *sursele de alimentare,* reprezentate de utilajele care transformă diferite forme de energie primară în energie electrică cu parametrii potriviţi pentru desfăşurarea procesului de sudare;

— *aparatele de sudare,* reprezentate de utilajele care efectuează sudarea;

— *utilajele auxiliare,* reprezentate de utilajele care au rolul de a ameliora condiţiile în care are loc procesul de formare a îmbinării sudate, precum şi cele de măsurare, control, reglare şi protecţie folosite în sursele de alimentare şi aparatele de sudare;

— *dispozitivele de manevrare,* reprezentate de utilajele care asigură rotirea sau deplasarea pe o anumită traiectorie a produselor în cursul sudării.

În continuare se va analiza sudarea cu arc electric.

● **Arcul electric** este o descărcare electrică autonomă în mediul dintre doi electrozi, condiţionată de emisia termoelectronică a catodului cald, cu densitate de curent mare, şi efecte luminoase şi calorice intense.

Arcul electric prezintă particularităţi în cadrul fiecărui procedeu, de aceea şi utilajele de sudare vor avea caracteristici diferite, în funcţie de procedeul folosit.

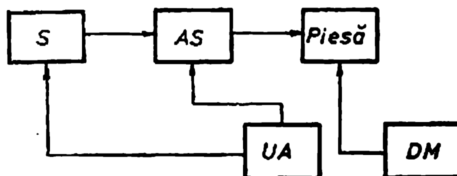


Fig. 7.1. Schema-bloc a instalaţiei de sudare: *S* — surse de alimentare; *AS* — aparate de sudare; *UA* — utilaje auxiliare; *DM* — dispozitive de manevrare.

Arcul electric se clasifică:

— **după felul curentului**:

— *arc de curent continuu*:

— *arc de curent alternativ* (de frecvenţă industrială sau ridicată);

— **după natura materialului din care este constituit electrodul**:

— *arc cu electrod metalic fuzibil:*

— *arc cu electrod nefuzibil* (cărbune, wolfram etc.);

— după piesa de sudat:

— *arc cu acțiune directă*, dacă unul dintre electrozi este constituit din piesa de sudat;

— *arc cu acțiune indirectă*, în caz contrar.

Ca element de rețea, arcul electric se comportă ca o rezistență neliniară. De aceea, este important să se cunoască caracteristicile arcului electric, ridicate experimental și care reprezintă legătura între tensiunea la bornele arcului u_a, curentul din arc i_a și lungimea sa l, pentru diferite materiale din care sînt constituiți electrozii. Se disting:

— caracteristici ale arcului de c.c.

— caracteristici ale arcului de c.a.

Dacă perechile de valori u_a, i_a corespund arderii arcului electric într-un regim staționar (nu variază în timp), caracteristicile se numesc **statice**; altfel, se numesc **dinamice**. În figura 7.2 se indică aceste caracteristici $u = f(i_a)$ pentru l = ct. și pentru un anumit material al electrozilor, în curent continuu și în curent alternativ.

Se remarcă faptul că, în c.a. cei doi electrozi schimbă între ei rolurile de catod și anod la fiecare jumătate de perioadă.

● **Procedeele de sudare cu arc electric se clasifică în:**

— *sudarea manuală, cu arc electric deschis, cu electrod fuzibil;*

— *sudarea automată* și *semiautomată, cu arc electric acoperit, cu electrod fuzibil;*

— *sudarea automată* și *semiautomată, cu arc electric protejat, cu electrod fuzibil sau nefuzibil.*

Energia de sudare pentru topirea metalului de bază sau a metalului de adaos este produsă prin arcul electric. Cea mai mare parte din energie este eliberată de rădăcina cusăturii, producînd căderea de tensiune anodică sau catodică în caracteristica tensiunii. Dacă coloana arcului se îngustează într-un ajutaj, care înconjoară arcul electric, în scopul ridicării accentuate a temperaturii, arcul electric se numește *arc de plasmă* (o ionizare foarte puter-

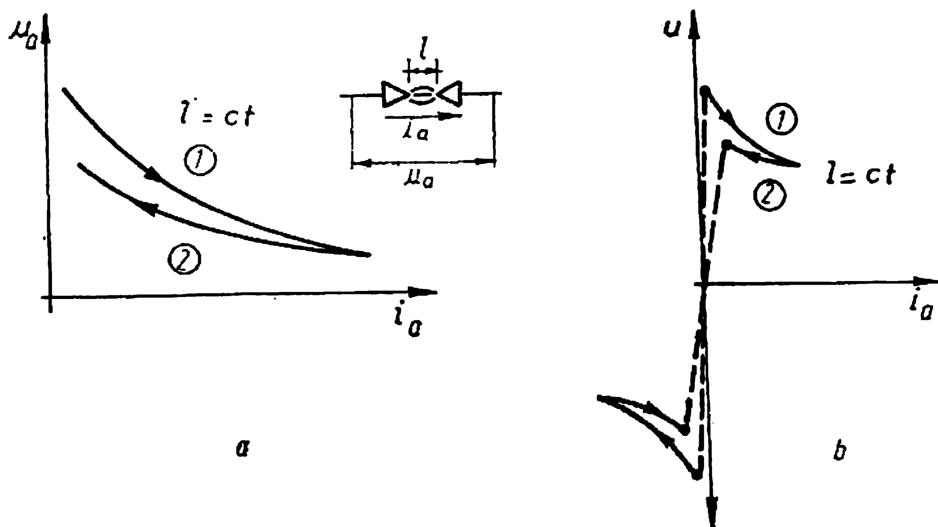


Fig. 7.2. Caracteristicile arcului electric:
a — curent continuu; *b* — curent alternativ;
1 — curba $u_a = f(i_a)$ la creșterea curentului; *2* — curba $u_a = f(i_a)$ la descreșterea curentului.

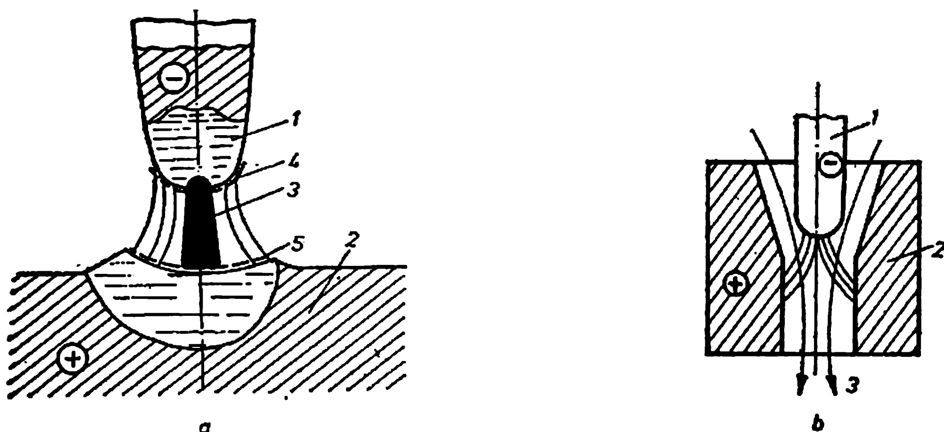


Fig. 7.3. Tipuri de arc electric:
a — arcul electric deschis (1, 2 — piese de îmbinat; 3 — coloana arcului; 4 — pata catodică; 5 — pata anodică); b — arcul electric constrîns (1 — electrod central; 2 — ajutaj; 3 — gaz protector plasmogen).

nică). În figura 7.3 se arată unele tipuri de arc, precum şi zonele descărcării în arc.

Sudarea cu arc electric se poate realiza numai în cazul cînd sistemul format din arcul electric şi sursa de alimentare * este stabil. Pentru aceasta, sursele de alimentare cu energie electrică trebuie să prezinte caracteristicile $u = f(i)$ avînd forme ce depind de procedeul de sudare respectiv. Pentru sudarea manuală şi cea cu electrozi nefuzibili, curentul de sudare este menţinut constant printr-o caracteristică a sursei pronunţat căzătoare (1 sau 2 din figura 7.4). Procedeele care implică topirea sîrmelor necesită o tensiune constantă pentru reglarea automată a arcului şi în acest caz este necesară o sursă cu caracteristica rigidă (3 din figura 7.4). La procedeul cu arc scurt, la care un electrod subţire de sudarea se introduce în baia de metal de 50 ori pe secundă, este necesară o caracteristică uşor crescătoare a sursei (4 din figura 7.4).

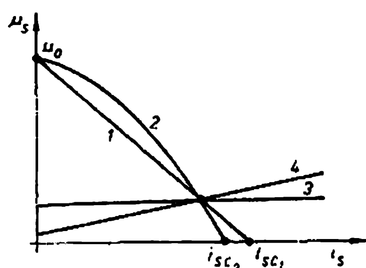


Fig. 7.4. Caracteristicile exterioare ale surselor:
1 — coborîtoare liniară; 2 — coborîtoare neliniară; 3 — rigidă; 4 — urcătoare; u_0 — tensiunea de mers în gol a sursei; u_{sc1}, u_{sc2} — curentul din sursă cînd electrozii sînt în contact.

În figura 7.5 se indică punctele de funcţionare stabilă a procesului de sudare (punctele A, B, C) corespunzătoare alungirii arcului electric ($l_1 > l_2 > l_3$).

Pentru amorsarea corespunzătoare a arcului este necesar să se menţină o tensiune constantă de mers în gol, chiar şi în domeniul de reglare pentru curenţi de sudare mici.

Ca o regulă generală, trebuie ca unghiul de intersecţie dintre caracteristica

* Prin *sursă de alimentare* se va înţelege, în cele ce urmează, ansamblul elementelor care formează partea de circuit conectată între electrozii arcului (bobine, generatoare, rezistenţa conductoarelor de legătură etc.).

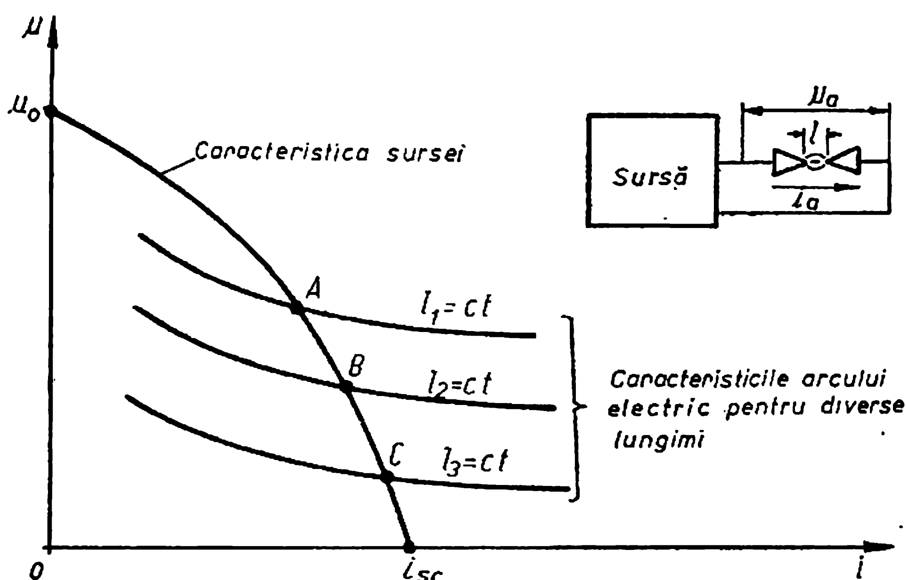


Fig. 7.5. Stabilitatea sistemului sursă-arc electric.

sursei şi cea a arcului să fie destul de mare, pentru ca la variaţiile care se produc în lungimea arcului să nu rezulte şocuri mari de curent.

Tensiunea de ardere a arcului electric are în general valori de 20—40 V. Curentul variază de regulă între 5 A (valoare considerată ca limită inferioară pentru un arc stabil, cu electrod nefuzibil de wolfram, în mediu de gaz inert) şi 3 000 A în cazul sudării sub flux cu sîrmă groasă. În cazul utilizării de electrozi din sîrmă fuzibilă, sudarea cu arc electric în c.c. este cea mai convenabilă; sudarea sub flux, poate fi realizată şi în c.c. şi în c.a.

În cazul sudării aluminului în mediu de gaz inert, cu electrozi de wolfram, este necesară o sursă de alimentare în c.a., pentru a se asigura îndepărtarea continuă a stratului de oxid. Sudarea manuală este tot mai frecvent realizată în c.a. La sudarea în c.c., alegerea polarităţii prezintă importanţă. Electrozii din sîrmă şi cei din wolfram se conectează la polul negativ. Electrozii de wolfram se uzează mai repede dacă sînt legaţi la polul pozitiv sau dacă sînt utilizaţi la sudarea de c.a.

2. Tipuri constructive de maşini şi aparate pentru sudarea cu arc electric

Obţinerea caracteristicilor surselor de alimentare, conform celor indicate în figura 7.4, se face cu ajutorul generatoarelor redresoarelor în cazul sudării în c.c. şi cu ajutorul transformatoarelor, convertizoarelor, generatoarelor de frecvenţă ridicată etc. în cazul sudării în c.a.

Generatoarele de c.c. sînt folosite cu precădere la sudarea manuală cu curenţi mici, la sudarea metalelor şi aliajelor neferoase, la sudarea automată a pieselor sub 4 mm în atmosferă protectoare.

Redresoarele pentru sudare, deşi mai puţin răspîndite, prezintă avantajul de mare randament şi robusteţe faţă de generatoare. Costul, gabaritul şi greutatea redresoarelor sînt mai mici decît al generatoarelor.

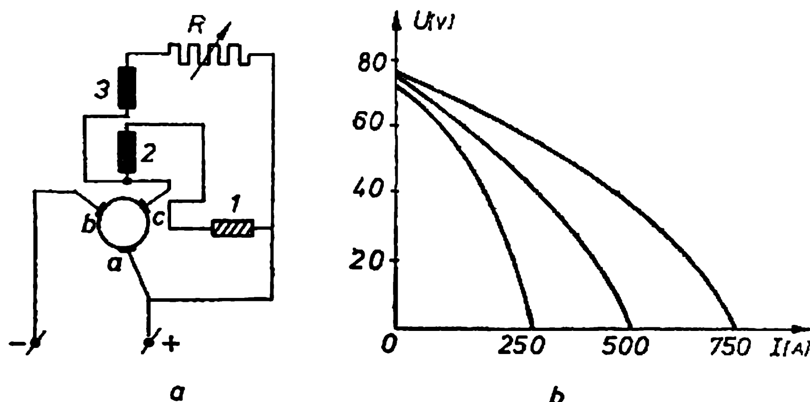


Fig. 7.6. **Generatorul de sudare** *SDS-350*:
a — schema electrică; *b* — caracteristicile externe; *1* — înfășurarea de excitație; *2, 3* — înfășurări pe polii transversali; *R* — reostatul de excitație; *a, b, c* — perii.

Transformatoarele de sudare permit menținerea stabilă a arcului și realizarea sudurilor de calitate bună la majoritatea lucrărilor de sudare manuală și automată a pieselor de oțel cu grosimi peste 2 mm.

În continuare se prezintă cîte un exemplu din fiecare tip constructiv menționat mai sus.

● **Generatorul de sudare în c.c. SDS-350.** Este de producție indigenă, schema electrică și caracteristicile externe fiind redate în figura 7.6.

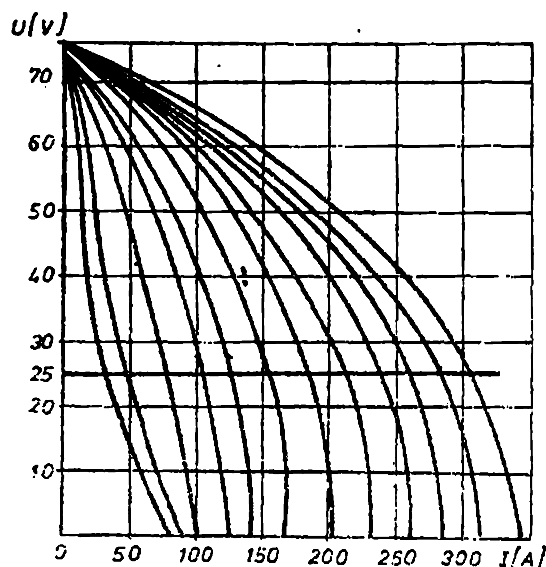
Pe polii principali ai generatorului este montată înfășurarea de excitație *1*, iar pe polii transversali se găsesc două înfășurări *2* și *3*. Înfășurările *1* și *2*, legate în serie, sînt alimentate de la peria principală *a* și peria auxiliară *c*, culegînd tensiunea indusă sub polii principali; înfășurarea *3*, legată în serie cu reostatul de excitație *R*, este alimentată de la aceleași perii. Reglarea fină a regimului de sudare se face prin intermediul t.m.m. ale înfășurării *3*.

Reglarea brută se realizează prin potrivirea periilor în trei poziții. Unghiul dintre axele polilor principali și transversali este de 78°. Mașina posedă și doi poli de comutație. Generatorul este cuplat pe același arbore cu motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit de 14 kW, cu pornitor stea-triunghi la 220, 380, 500 V, cu o turație de 1 450 rot/min.

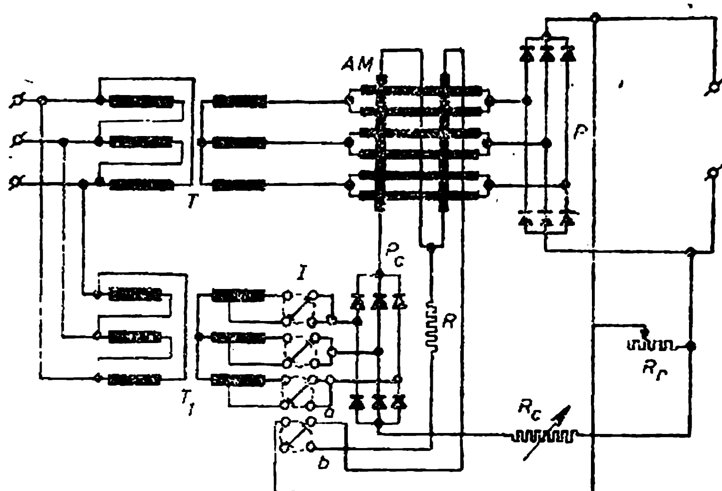
● **Redresorul pentru sudare ICET**, de fabricație românească, cu ventile cu siliciu. Schema electrică și caracteristicile exterioare sînt reprezentate în figura 7.7.

Transformatorul de sudare *T* alimentează blocul redresor *P*, prin înfășurările amplificatorului magnetic *AM*, care are două înfășurări de comandă. Prin comutatorul *I* cele două înfășurări, puse în serie, sînt alimentate la o tensiune ce reprezintă suma dintre tensiunea constantă furnizată de grupul $T_1 - P_c$ și tensiunea arcului electric (poziția *a*). În poziția *b* a comutatorului *I* numai una dintre înfășurările de comandă este alimentată (prin rezistența *R*) cu o tensiune redusă, de la grupul $T_1 - P_c$, însumată cu tensiunea arcului.

Modificarea regimului de sudare se face cu R_c, înseriată în circuitul înfășurării de comandă a amplificatorului magnetic *AM*.



a



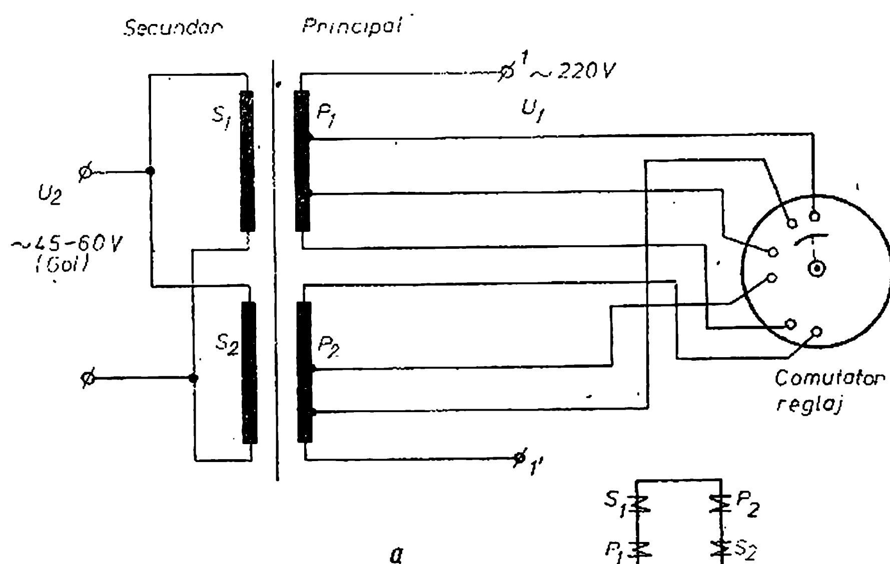
b

Fig. 7.7. **Redresorul de sudare** *ICET*:
a — caracteristicile externe; *b* — schema electrică; *T*, T_1 — transformator Δ/Y; *AM* — amplificator magnetic; *P*, *P* — punţi redresoare trifazate; *I* — comutator; *R*, R_c - rezistenţe; R_r — potenţiometru.

La creşterea distanţei electrod-piesă, tensiunea arcului electric creşte. Tensiunea punţii P_c şi a arcului electric fiind în opoziţie, curentul de comandă scade şi totodată scade şi curentul debitat. Rolul potenţiometrului R_r este de a modifica în mod continuu gradul de premagnetizare a amplificatorului magnetic la mersul în gol, obţinîndu-se astfel o gamă întreagă de curbe de variaţie a curentului de scurtcircuit.

● **Transformatorul de sudare LiE-4 București.** Conceput și realizat în producție de serie la Liceul industrial nr. 4 — București, el se bucură de o apreciere unanimă din partea beneficiarilor. Schema electrică și vederea de ansamblu sînt prezentate în figura 7.8. Este alcătuit dintr-un miez magnetic cu tole, cu două coloane pe care sînt dispuse înfășurările primare și secundare (fig. 7.8, *a*).

Reglajul se face prin comutatorul de reglaj, care este de tip cu ploturi și cu ajutorul căruia se variază numărul de spire din primar. Tensiunea de alimentare este de 220 V c.a., 50 Hz și se aplică montajul printr-un cordon cu fișă cu contact de protecție.



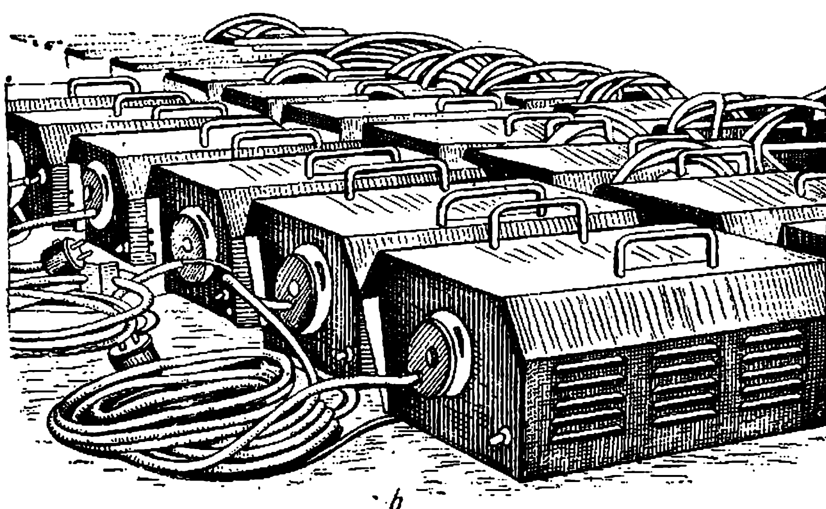


Fig. 7.8. Transformator de sudare cu arc electric tip *LiE-4*:
a — schema electrică; *b* — vedere de ansamblu.

B. ELECTROLIZA

● Cele mai importante **aplicații industriale ale electrolizei** sînt:

— extragerea metalelor (zinc, cupru, cadmiu) prin electroliza soluțiilor apoase;

— extragerea unor metale (aluminiu, magneziu, sodiu) prin electroliza sărurilor topite;

— rafinarea unor metale (cuprul, argintul, aurul etc.);

— electroliza dispersă a metalelor, în scopul preparării pulberilor metalice;

— fabricarea produselor de oxidare și reducere (oxid persulfuric, perborat de sodiu, percarbonați etc.);

— electroliza clorurilor alcaline.

Într-un proces industrial de electroliză, sub acțiunea curentului electric ce străbate electrolitul, se pot produce următoarele fenomene principale:

— separarea metalelor din sărurile lor;

— reducerea spre catod;

— oxidarea spre anod.

După rezultatul care se urmărește, se iau măsuri pentru evitarea altor fenomene care apar (reacții secundare fie în electrolit, fie între electrolit și electrozi, fie între produsele obținute la cei doi electrozi și care trebuie definite pentru fiecare caz în parte).

● **Fenomenul de electroliză*** se bazează pe legea lui *Faraday*:

$$m = \frac{A\int_0^t I\,dt}{Fn} = \frac{A}{Fn}Q, \qquad (7.1)$$

în care:

m este masa substanței depusă pe electrod, în g;
Q — cantitatea de electricitate, în C;
I — intensitatea curentului electric, în A;
t — timpul în s;
n — valența produsului depus;
A — masa atomică a produsului;
F — constanta lui *Faraday*, egală cu 96 490 C/echivalent-gram.

Notînd:

U_1 — tensiunea de descompunere a electrolitului, în V;
U_2 — căderea de tensiune în electrozi și în contacte, în V;
U_3 — căderea de tensiune în electrolit, în V;
U_4 — căderea de tensiune pe diafragmă, în V;

este necesară, pentru desfășurarea procesului de electroliză, o tensiune aplicată în V:

$$U \geqslant U_1 + U_2 + U_3 + U_4. \qquad (7.2)$$

Pentru a mări conductivitatea electrică a electrolitului, i se ridică temperatura și i se mărește concentrația. Pentru valorile optime ale temperaturii, distanței dintre electrozi, și densității de curent, fenomenele secundare sînt

---

* Fenomenul fizic al *electrolizei*, precum și denumirile elementelor folosite în electroliză (electrod, electrolit, baie etc.) sînt cunoscute de la disciplinele „Fizică" și „Chimie".

minime, iar eficiența economică a instalației crește. Măsurarea ei se face prin: *randamentul în funcție de curent* η_c și *randamentul energetic* η_E, definite astfel:

$$\eta_c = \frac{p}{m}; \quad \eta_E = \frac{W_t}{W_r}, \qquad (7.3)$$

în care:

p este cantitatea reală de substanță separată, în g;

m — cantitatea teoretică de substanță, rezultată din legea lui *Faraday*, pentru un anumit curent I, într-un interval de timp t;

W_t — energia electrică teoretică (în cazul în care $\eta_E = 100\%$ și tensiunea U este egală cu U_1);

W_r — energia electrică reală absorbită în procesul electrolizei.

● **Principalele elemente componente folosite în electroliză** sînt:

— **băile** din oțel sau material ceramic, căptușit cu plumb, cauciuc, lac sau email, în funcție de compoziția chimică a substanței;

— **sursele de curent continuu**, constituite din redresoare cu seleniu, germaniu, siliciu și amplasate în încăperi separate pentru a fi ferite de acțiunea vaporilor corozivi;

— **electrolizoarele cu diafragmă** (perete poros), folosite atunci cînd produsul obținut la un electrod trebuie ferit de acțiunea produselor obținute la celălalt electrod.

Încălzirea electrolitului se face cu abur, sau electric prin rezistoare. Rețeaua de curent continuu se execută din bare de cupru neizolate, montate pe izolatoare fixate pe console prinse de pereți sau suspendate pe tavan. Pentru curenți pînă la 200 A, barele de cupru se pot înlocui cu unele de oțel.

● În continuare se prezintă, ca exemplu de electroliză, **obținerea aluminiului din alumină, dizolvată în criolită topită.**

Procesul are loc într-un electrolizor a cărui schemă este redată în figura 7.9. Cuva, căptușită cu blocuri de cărbune, este alimentată în c.c. prin intermediul unor bare metalice. La partea inferioară se găsește catodul, iar la partea superioară se găsesc anozii (din cărbune). Curentul continuu trece prin electrolit, pe care-l menține în stare topită și descompune electrolitic alumina. Pe vatra cuvei se adună aluminiul. La anozi se degajă oxigen, care oxidează anozii. Pe măsură ce aceștia se consumă, ei sînt coborîți. Procesul electrochimic este următorul:

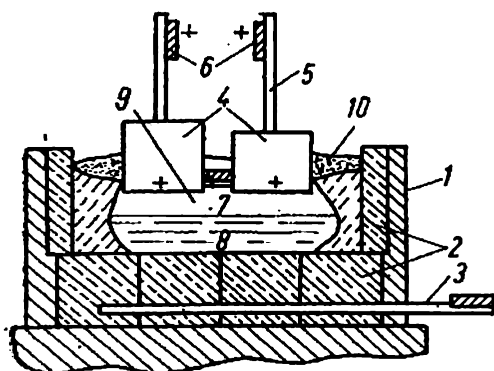


Fig. 7.9. Schema unei băi electrolitice pentru obținerea aluminiului:

1 — manta metalică; *2* — plăci din cărbune; *3* — bare de oțel; *4* — anozi din cărbune; *5* — bare metalice; *6* — conductă electrică; *7* — electrolit topit; *8* — aluminiu; *9* — crustă solidă; *10* — alumină.

Criolita topită (Na_3AlF_6) sub acțiunea curentului se descompune:



$$Na_3AlF_6 \longrightarrow 3\,Na^+ + AlF_6^{-}. \qquad (7.4)$$

Alumina dizolvată în criolită topită se descompune:



$$Al_2O_3 \longrightarrow Al^+ + AlO_3^-. \qquad (7.5)$$

La catod sosesc ionii de aluminiu şi sodiu, iar la anod cei de AlF_6 şi AlO_3. Aici are loc următoarea reacţie:



$$4AlO_3^- \longrightarrow 2\,Al_2O_3 + 3O_2. \quad (7.6)$$

Oxigenul se degajă şi reacţionează cu carbonul de la anod, formînd un amestec de CO şi CO_2 ce se degajă.

Prin urmare, procedeul electrolizei constă în obţinerea aluminiului şi consumarea aluminei (Al_2O_3).

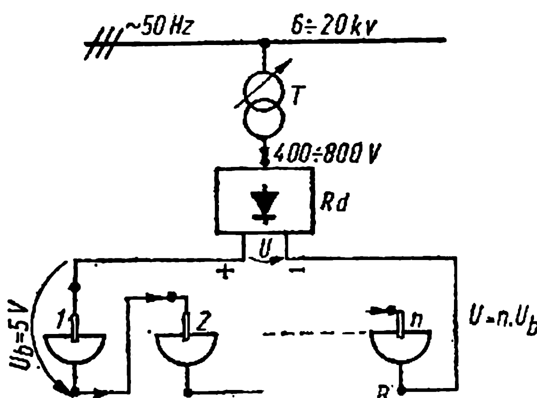


Fig. 7.10. Schema electrică a legării băilor de electroliză a aluminiului:
T — transformator trifazat coborîtor; R — redresor în punte trifazată; N — băi de electroliză.

Alumina se introduce în baie în măsura în care se consumă. Dacă procentul de alumină scade sub 1%, în masa de criolit apare fenomenul denumit *efect anodic*, care se manifestă prin:

— creşterea tensiunii electrice a băii de la 4—4,3 V la 20—30 V;

— apariţia unor arcuri electrice la suprafaţa anodului;

— încălzirea rapidă a electrolitului.

Asupra instalaţiei electrice de alimentare efectul anodic are influenţe nefaste, deoarece creşte consumul de energie electrică şi se produc perturbaţii în funcţionarea surselor de curent continuu (se admite practic odată la 24 ore).

Băile de electroliză se înseriază în grupe, socotindu-se o tensiune medie de 5V pe element. Rezultă numărul de băi înseriate: $n = \frac{U_{redresor}}{5}$ (v. fig. 7.10).

Intensităţile curentului electric din băile moderne variază între 10 000—100 000 A. Indicele de consum de energie electrică este de 57—62 kWh/g Al.

C. GALVANOTEHNICA

Procesul depunerii metalelor pe cale electrolitică pe suprafaţa unui alt metal sau unui alt corp metalic sau nemetalic se numeşte **galvanotehnică.** Dacă depunerea se face pe un alt metal, în scopul acoperirii lui metalice, operaţia se numeşte **galvanostegie.**

Dacă depunerea se face pe un alt corp metalic sau nemetalic, în scopul reproducerii formei acestuia, operaţia se numeşte **galvanoplastie.**

1. Galvanostegia

● În atelierele de acoperiri metalice, **metalele folosite pentru acoperire** depind de scopul în care se execută operaţia:

— *acoperiri de protecţie:* cu zinc, cadmiu, staniu, acoperirea pieselor de aluminiu cu o peliculă de oxid, operaţie denumită *eloxare*;

— *acoperiri de protecție și decorative:* cu cupru, nichel, cobalt, argint, aur și sodiu;

— *acoperiri pentru mărirea rezistenței la uzura mecanică și pentru mărirea durității superficiale:* cu crom, fier, nichel;

— *acoperiri pentru restabilirea dimensiunilor inițiale ale pieselor uzate:* cu crom, fier, cupru;

— *acoperiri pentru scopuri speciale:* cu argint, sodiu, crom pentru obținerea unei suprafețe reflectante, sau cu argint, cupru, staniu pentru ridicarea conductibilității electrice a suprafeței.

● **Operațiile care se execută în atelierele de acoperiri metalice** sînt: *operații pregătitoare, acoperirile propriu-zise* și *operațiile de finisare.*

Operațiile pregătitoare constau în curățirea pieselor prin spălare într-un curent de apă, prin degresare chimică, prin decapare etc. În cazul eloxării este necesar ca, după spălarea cu apă rece, piesele să fie degresate timp de circa 30 minute în apă fierbinte sau de circa 2 minute prin cufundare în rezervoare umplute cu tricloretilen în stare gazoasă.

Operațiile de acoperire propriu-zise se execută în băi electrolitice, manual sau mecanizat. În cazul instalațiilor mecanizate, piesele sînt suspendate cu suporți izolanți de un transport sau de un lanț cu ajutorul căruia ele trec succesiv, cu o viteză potrivită, prin toate băile.

Operațiile de finisare se execută prin polizare sau șlefuire mecanică.

● **Elemente componente ale instalației de galvanostegie.**

Electrolitul folosit în galvanostegie este complex, conținînd de la caz la caz:

— o combinație a metalului (sare simplă sau complexă), care furnizează ionii ce urmează să fie depuși la catod;

— o substanță care să permită dizolvarea anodului și să împiedice trecerea lui în stare pasivă;

— o substanță care să fixeze soluția la un anumit pH, dacă este necesar;

— adaosuri care să influențeze structura depozitului catodic în sensul dorit (substanțe coloidale, agenți de luciu etc.).

Anozii sînt de obicei solubili. Ei trebuie să fie cît mai puri și să prezinte o structură care să ducă la cît mai puțin nămol anodic.

Utilajul principal al galvanostegiei îl constituie **baia de degresare și acoperire.** Corpul băii din oțel sau material ceramic, căptușit cu plumb, cauciuc, lac sau email în funcție de compoziția chimică a soluției. Încălzirea electrolitului se face cu abur sau electric, folosind rezistoare. Pentru a uniformiza stratul de acoperire, electrolitul este agitat prin suflare cu aer comprimat.

Barele de alimentare ale catozilor și anozilor sînt din cupru, montate pe izolatoare de porțelan. Piesele care se acoperă se suspendă prin suporți metalici de barele catozilor. De barele anozilor se suspendă plăci din materialul cu care se face acoperirea, sau piesele de aluminiu în cazul eloxării.

Pentru acoperirea metalică a unor piese mici (șuruburi, garnituri etc.) se folosesc băi rotative sau tambure în care piesele se rostogolesc continuu, cu o viteză de rotație de 10—30 rot/min. Antrenarea se face cu un motor asincron trifazat de 0,4—0,8 kW, 1000 rot/min.

Băile sînt alimentate în c.c. la tensiuni de 2—12 V, cu intensități mari ale curentului (50—1 000 A). Reglarea curentului se face la fiecare baie prin reostate, iar reglarea tensiunii de la ploturile transformatorului coborîtor. În figura 7.11 se indică echipamentul electric al băilor de galvanostegie.

2. Galvanoplastia

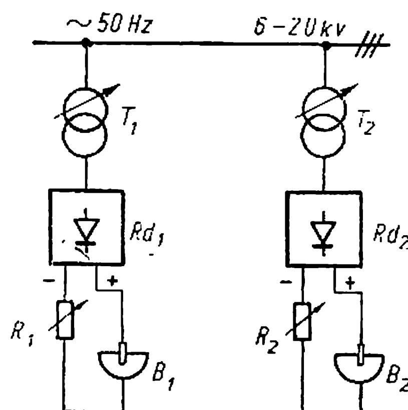


Fig. 7.11. **Schema electrică a legării băilor de gavanostegie:**
T_1, T_2 — transformatoare trifazate coborîtoare;
Rd_1, Rd_2 — redresoare; R_1, R_2 — reostate;
B_1, B_2 — băi.

Procesul de galvanoplastie comportă următoarele faze:

— formarea tiparului sau a matriței;

— crearea unui strat bun conducător de electricitate pe suprafața tiparului nemetalic sau a unui strat separator care să ușureze desprinderea, dacă tiparul este din metal;

— obținerea galvanică a copiei metalice;

— separarea copiei de matriță și finisarea ulterioară mecanică sau chimică a copiei, dacă este necesar.

Pentru copierea pieselor și obiectelor se utilizează amestecuri ușor fuzibile (ipsos, amestecuri de ceară, parafină sau materiale plastice). Suprafața matrițelor nemetalice poate deveni bună conducătoare de electricitate prin mai multe metode:

— prin grafitare;

— prin depunerea unui strat metalic pe cale chimică (de exemplu prin reducerea unei soluții amoniacale de argint sau sulfat de hidrazină);

— prin pulverizare catodică sub vid;

— prin vaporizare termică sub vid.

Matrița astfel pregătită se spală cu alcool, pentru a nu reține bulele de aer, apoi se suspendă în baie, legîndu-se la polul negativ.

Pentru obținerea copiei se utilizează băi de cuprare acidă, sau uneori băi de nichelare.

Matrița primește două straturi de depuneri: primul strat de circa 10 μm se depune într-o baie slab acidă, cu o densitate de curent de 50 A/m²; al doilea strat, de îngroșare, se depune cu o densitate de 5 000 A/m².

Instalația electrică este analoagă celei din galvanostegie, valorile curenților fiind însă mai mici.

D. ÎNCĂLZIREA ELECTRICĂ

Încălzirea electrică este folosită mai ales pentru:

— **topire**, procedeu prin care corpurile se transformă din starea solidă în stare lichidă. Astfel, se topesc minereurile pentru a obține metale, se topesc diferite metale pentru a obține aliaje etc.;

— **uscare**, procedeu prin care se elimină umiditatea (excesivă sau totală) din corpuri. Astfel se usucă unele produse textile, ceramice, agroalimentare din lemn, din piele, produse cosmetice etc.;

— **încălzire,** procedeu prin care corpurile se aduc la temperatura dorită pentru realizarea unor tratamente termice, termo-chimice, sau pentru pregătirea corpurilor de a intra într-un proces tehnologic (încălzirea băilor pentru tratamente termice, încălzirea corpurilor solide care urmează a fi supuse la tratamente termice, urmează a fi laminate trefilate etc.).

Utilajele în care are loc încălzirea electrică a corpurilor (fie pentru topire, fie pentru uscare) se numesc **cuptoare electrice**. Principalele tipuri de cuptoare electrice sînt: *cu rezistențe, cu inducție, cu arc electric* și *cu radiații infraroșii*.

1. Cuptoare electrice cu rezistențe

a. Generalități

Aceste cuptoare se bazează pe efectul termic al trecerii curentului electric printr-o rezistență. Astfel, la trecerea unui curent electric I printr-o rezistență R se degajă în timpul t cantitatea de căldură:

$$Q = RI^2t. \qquad (7.7)$$

Această cantitate de căldură poate fi transmisă:

— **prin conducție**, atunci cînd rezistența se află în contact direct cu corpul de încălzit. Astfel se încălzesc băile lichide pentru realizarea unor tratamente termochimice. Rezistențele electrice se montează în baie fiind în contact direct cu lichidul ce trebuie încălzit. În unele cazuri rezistența electrică o constituie chiar lichidul băii de tratare (o sare, sau amestecuri de săruri);

— **prin convecție**, atunci cînd cantitatea de căldură este preluată de un gaz (de regulă aer) și apoi cedată corpului ce trebuie încălzit. Circulația aerului cald poate fi naturală sau forțată (prin utilizarea unui ventilator de suflare a aerului). În acest mod se realizează uscarea corpurilor la temperaturi joase;

— **prin radiație**, atunci cînd cantitatea de căldură dezvoltată de rezistențele electrice, aflate la temperatură foarte mare, este radiată direct asupra corpurilor ce trebuie încălzite. În acest mod se realizează încălzirea pieselor ceramice, metalice pentru forjare, laminare sau care urmează să fie supuse unor tratamente termice.

b. Tipuri constructive

Cuptoarele electrice cu rezistențe se execută într-o gamă foarte variată de tipuri ce diferă prin tipul de rezistență utilizată, modul de transmitere a căldurii de la rezistențe la corpuri, forma constructivă, temperatura din cuptor, natura materialelor ce se introduc în acesta etc. Pentru a exemplifica funcționarea de principiu a cuptoarelor electrice cu rezistențe se vor descrie în continuare cîteva tipuri mai importante.

● **Cuptoare electrice cu rezistențe pentru temperaturi joase.** În această categorie intră cuptoarele de uscare în care temperatura nu depășește 600—700°C. Transmisia căldurii se face de regulă prin convecția naturală sau forțată a aerului din cuptor.

În figura 7.12 este prezentat un **cuptor în care uscarea are loc prin convecția naturală.** Cuptorul este format dintr-o cutie internă *1* căptușită la exterior, cu un material refractar *2* pentru a o izola cît mai bine de mediul încăperii. În interiorul cutiei interne se montează un stelaj metalic *3* pe care se așază piesele *4* ce trebuie uscate. Stelajul metalic este astfel executat, încît aerul poate circula cu ușurință în jurul pieselor. Rezistențele electrice *5* sînt montate pe pereții laterali și pe podeaua cutiei interne a cuptorului. Rezistențele se execută din sîrmă din crom-nichel-fier, așezată în spirală pe un cilindru

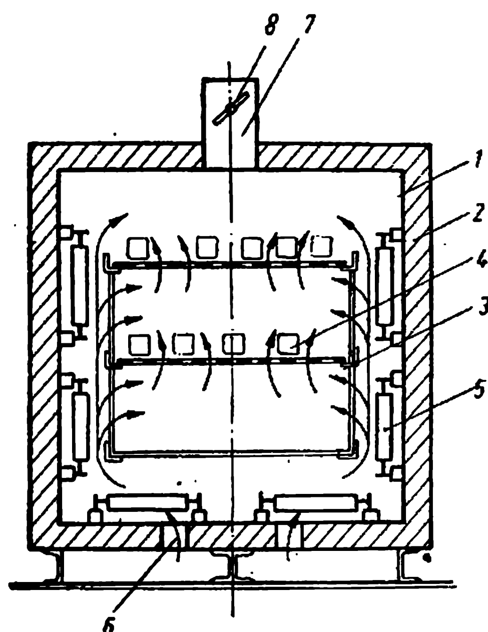


Fig. 7.12. Schița unui cuptor de uscare pentru temperaturi joase.

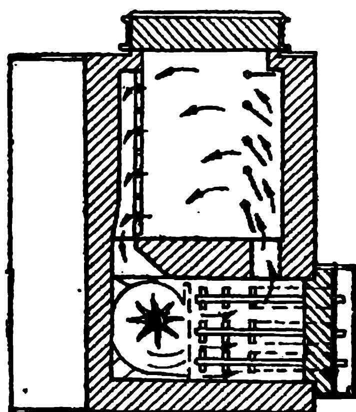


Fig. 7.13. Schița unui cuptor de uscare cu ventilator.

ceramic. Prinderea acestora de peretele cuptorului se face prin intermediul unor piese izolatoare din ceramică. Cuptorul este prevăzut la partea inferioară cu goluri *6* pentru accesul aerului, iar la partea superioară cu un coș *7* pentru evacuarea aerului și a vaporilor de apă. Coșul poate fi prevăzut cu o clapetă *8*, a cărei poziție se poate regla pentru a modifica debitul de aer ce intră în cuptor. Aerul pătrunde pe la partea inferioară a cuptorului, prin golurile *6*. Datorită căldurii degajate de rezistențele electrice, aerul se încălzește și se ridică la partea superioară. Săgețile din figura 7.12 indică traseul pe care circulă aerul în cuptor. În drumul său ascendent, aerul cald preia de la corpurile așezate pe stelaje cantitatea de umiditate aflată în exces, uscîndu-le. Astfel de cuptoare sînt utilizate la uscatul pieselor pe care s-au depus lacuri sau vopsele, la uscatul corpurilor cu exces de umiditate, sau la încălzirea pieselor din oțel sau din alte materiale ce urmează să fie supuse la diferite tratamente termice.

În figura 7.13 este prezentat un **cuptor de uscare cu rezistențe în care circulația aerului se face cu ajutorul unui ventilator.** Aerul este aspirat de la partea inferioară a cuptorului și refulat pe la partea superioară. Înainte de a pătrunde în cavitatea în care se află piesele pentru uscare, aerul este trecut peste un grup de rezistențe care îi ridică temperatura pînă la 100—200° C în funcție de necesități.

● **Cuptoare electrice cu rezistențe pentru temperaturi înalte.** În aceste cuptoare se pot realiza temperaturi între 600 și 1 500° C în funcție de destinația lor;

— pentru uscarea și coacerea materialelor ceramice: 1 500°C;
— pentru călirea oțelului obișnuit: 750—800°C;
— pentru călirea oțelului aliat: 1 000°C etc.

În principiu aceste cuptoare sînt asemănătoare cu cele pentru temperaturi joase cu următoarele deosebiri:

— rezistențele electrice se execută din:

— sîrmă sau benzi din oțeluri aliate cu crom și nichel pentru temperaturi de 600—1 000°C;

— bastonașe din silită (carbură de siliciu) pentru temperaturi de 1 000—1 300°C;

— căptușeala se execută din materiale rezistente la temperaturi înalte (materiale refractare) și are grosime mai mare;

— nu se utilizează ventilatorul pentru antrenarea aerului, deoarece transmiterea căldurii se face prin radiație.

c. Reglarea temperaturii

Cuptoarele cu rezistențe electrice prezintă avantajul deosebit al posibilității reglării temperaturii în timpul funcționării. Reglarea temperaturii se reduce la reglarea puterii electrice absorbite de cuptor, în așa fel încît valoarea acesteia să corespundă unei temperaturi prescrise. Pentru aceasta se pot folosi următoarele procedee:

— *conectarea și deconectarea periodică a rezistențelor electrice la sursa de alimentare*;

— *modificarea conexiunilor rezistențelor în funcție de temperatura din cuptor și temperatura prescrisă*;

— *modificarea continuă a tensiunii de alimentare a rezistențelor în funcție de temperatura din cuptor.*

În figura 7.14 este prezentată o **schemă electrică de principiu a reglării temperaturii din cuptor prin conectare și deconectare periodică a rezistențelor electrice.** Prin apăsarea pe butonul b_1 circuitul bobinei contactorului C este

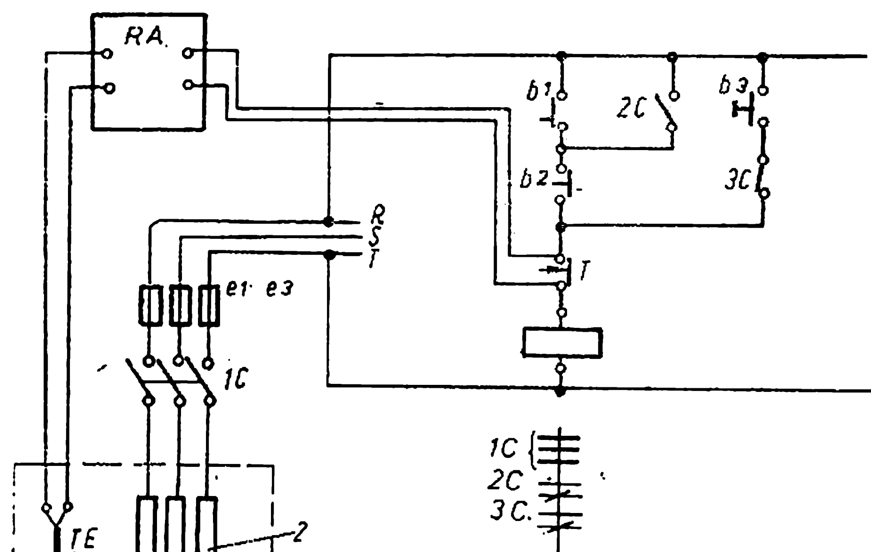


Fig. 7.14. Schema electrică de principiu a funcționării unui cuptor cu rezistențe.

pus sub tensiune. Acesta închide contactele principale *1C* care pun sub tensiune rezistențele electrice *2* din cuptorul *1*, închide contactul secundar *ND-2C* care realizează automenținerea bobinei contactorului și desface contactul secundar *NI-3C* ce are rol în repunerea automată sub tensiune. După aceea se apasă pe butonul cu revenire manuală b_3 ce rămîne în poziția închis.

Rezistențele electrice încălzesc cuptorul, ridicînd temperatura în interiorul acestuia. La atingerea limitei superioare a temperaturii, termocuplul *TE* (plasat în cuptor) prin intermediul regulatorului automat *RA* desface contactul *NÎ-T* din circuitul bobinei contactorului *C*. Astfel, *1C* și *2C* se desfac și rezistențele electrice sînt deconectate. Cuptorul se răcește pînă la o temperatură la care regulatorul automat *RA* reînchide contactorul *T*. Se închide circuitul contactorului *C* prin intermediul butonului b_3 și contactelor *NI-3C* și *T*. Contactorul *C* reface circuitele anterioare, realizînd atît reconectarea rezistențelor la rețea, cît și automenținerea. Cînd se dorește întreruperea alimentării cu energie electrică a cuptorului, se apasă în ordine pe butoanele b_3 și b_2.

d. Calculul rezistențelor electrice

Calculul rezistențelor electrice constă în determinarea dimensiunilor sîrmei (sau benzii) din care se confecționează acestea. Pentru aceasta se cunosc următoarele date:

P — puterea rezistențelor, în W;

U — tensiunea la bornele rezistențelor, în V;

ρ — rezistivitatea materialului ales pentru confecționarea rezistențelor la temperatura de utilizare, în $\Omega mm^2/m$;

p — încărcarea calorică admisibilă a materialului la temperatura de utilizare, în W/cm^2.

Valorile lui ρ și *p* se aleg din tabelele cu principalele caracteristici ale materialelor din care se confecționează rezistențele electrice.

Dacă se notează cu *d* diametrul sîrmei din care se confecționează rezistența (în mm), cu *l* lungimea desfășurată a acesteia (în mm) și cu η randamentul transformării energiei electrice în căldură, se poate scrie relația:

$$P = 0{,}45p \cdot \pi dl \cdot 10^{-2} = \eta \left(\frac{P}{U}\right)^2 \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}} \cdot 10^{-3}. \qquad (7.8)$$

Această relație exprimă egalitatea dintre căldura radiată de rezistența electrică și energia electrică transformată în căldură în aceeași unitate de timp. În relația de mai sus mărimile se introduc avînd unitățile de măsură indicate. Coeficientul 0,45 din relație indică că numai 45% din suprafața laterală (πdl) a sîrmei rezistenței praticipă la radiația electrică (restul suprafeței este ecranat de suportul ceramic). Rezultă formula practică de calcul a diametrului sîrmei pentru confecționarea rezistenței:

$$d = 0{,}30 \sqrt[3]{\eta \frac{\rho}{p} \frac{P^2}{U^2}}, \qquad (7.9)$$

unde pentru randamentul η se poate alege valoarea 0,8.

2. Cuptoare electrice cu inducție

Principiul de funcționare a acestor cuptoare se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică. Astfel, cuptorul electric cu inducție este asemănător cu un transformator care funcționează în scurtcircuit. Înfășurarea care

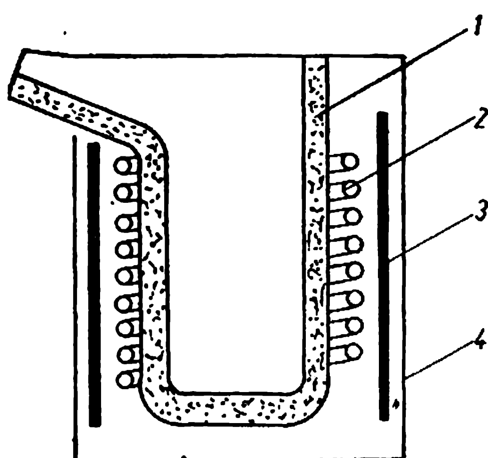


Fig. 7.15. **Schiţa de principiu a unui cuptor cu inducţie fără miez.**

corespunde primarului este alimentată de la o reţea de curent alternativ (de joasă sau înaltă frecvenţă). Înfăşurarea care corespunde secundarului este înlocuită de metalul care se încălzeşte sau se topeşte.

Se cunosc două tipuri principale de cuptoare cu inducţie pentru topit metale:

— *cuptoare fără miez magnetic*;
— *cuptoare cu miez magnetic*.

● **Cuptoarele fără miez magnetic** au ca părţi principale (fig. 7.15):

— un creuzet de formă cilindrică *1*, executat din material refractar în care se introduce metalul pentru topit;

— bobina inductoare *2*, alimentată cu curent electric alternativ monofazat şi de frecvenţă adaptată la mărimea cuptorului;

— ecranul magnetic *3*, executat din tablă silicioasă (tablă de transformator) cu rolul de a închide prin exterior fluxul magnetic al bobinei inductoare şi de a evita încălzirea părţilor metalice din elementele de susţinere ale cuptorului;

— elementele de susţinere *4* ale cuptorului. Acestea asigură asamblarea părţilor de mai sus într-un tot unitar, fixarea cuptorului pe elementele de sprijin şi basculare a uşoară a acestuia, pentru evacuarea metalului topit.

Bobina inductoare se execută din conductor de cupru sub formă de ţeavă. În figura 7.16 sînt arătate cîteva secţiuni prin diferite tipuri de astfel de conductoare. Golul prin conductoare este necesar pentru circulaţia axei care are rolul de a prelua:

— cantitatea de căldură dezvoltată în bobină prin parcurgerea acesteia de către curentul electric;

— o parte din cantitatea de căldură ce este transmisă bobinei de metalul topit prin intermediul căptuşelii.

Dacă această căldură nu ar fi evacuată, ar produce supraîncălzirea bobinei inductoare, care ar avea ca efect distrugerea acesteia. Aceste cuptoare au randamente foarte bune şi sînt utilizate pentru topirea atît a metalelor feroase, cît şi a celor neferoase.

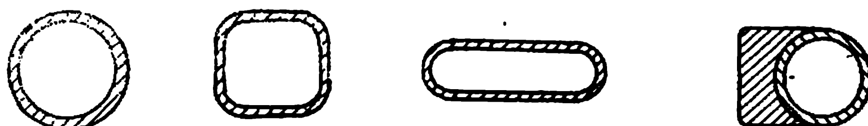


Fig. 7.16. **Secţiuni printr-un conductor din care se execută bobina inductoare.**

Instalaţia electrică a cuptorului fără miez se compune din:

— autotransformatorul sau transformatorul de alimentare şi de reglare a puterii;

— bobina inductoare;

— grupul de baterii de condensatoare necesare îmbunătăţirii factorului de putere al cuptorului.

Dacă cuptorul este alimentat de la reţeaua electrică trifazată (fig. 7.17), în circuitul electric se prevăd trei cuptoare, cîte unul pe fiecare fază. Cînd nu se pot folosi grupe de cîte trei cuptoare se utilizează un grup motor-generator. Motorul este alimentat printr-o reţea trifazată, iar generatorul asigură alimentarea monofazată a cuptorului.

Dacă cuptorul nu este alimentat la frecvenţa reţelei industriale autotransformatorul se înlocuieşte cu un generator de frecvenţă dorită.

● **Cuptoarele cu miez magnetic** cuprind, una, două sau trei bobine inductoare înfăşurate fiecare pe cîte un miez feromagnetic. De aceea şi alimentarea acestor cuptoare se face mono, bi sau trifazat, în funcţie de numărul de bobine inductoare pe care le are. Fiecare bobină este izolată cu material refractar, iar între această izolaţie şi căptuşeala cuptorului se realizează un spaţiu care poartă denumirea de *canal de topire* (fig. 7.18).

Cele două sau trei canale de topire comunică între ele şi acestea comunică la rîndul lor cu cuva cuptorului, în care se introduce metalul pentru topit. Întregul cuptor este susţinut de elemente metalice care îi asigură rezistenţa mecanică şi manevrarea uşoară la golire (prin basculare).

Din punct de vedere electric, aceste cuptoare sînt asemănătoare cu cele fără miez. Randamentele maxime sînt cu 3—4% mai mari decît ale cuptoarelor fără miez.

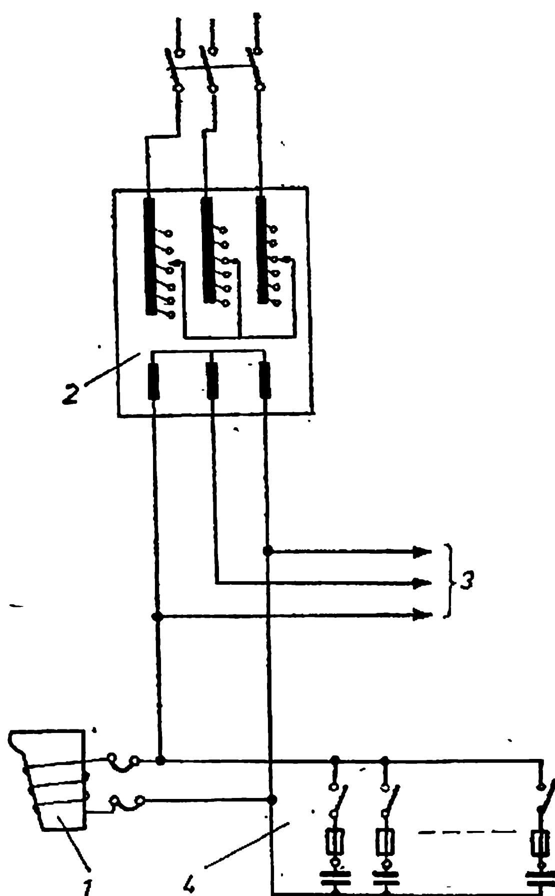


Fig. 7.17. Schema electrică de principiu a alimentării unui cuptor cu inducţie fără miez de la reţeaua trifazată industrială:

1 — cuptor cu bobina inductoare; 2 — transformator de alimentare şi de reglare a puterii; 3 — alimentarea către alte două cuptoare asemănătoare; 4 — grup de baterii de condensatoare pentru ameliorarea factorului de putere.

3. Cuptoare cu arc electric

Aceste cuptoare se bazează pe efectul termic al arcului electric produs între doi electrozi. Arcul electric poate să se producă:

— *la suprafaţa metalului topit*, între electrozi şi metal. Căldura este preluată de metal prin conducţie şi prin radiaţie. Electrozii se plasează vertical, pentru a putea fi uşor apropiaţi sau depărtaţi de suprafaţa metalului;

în interiorul metalului topit, curentul electric trecînd prin masa de metal care se comportă ca o rezistenţă. De aceea, cuptoarele de acest fel se mai numesc şi **cuptoare de arc şi cu rezistenţă** şi întreaga cantitate de căldură este preluată prin conducţie;

— *în exteriorul metalului topit*, între electrozii plasaţi orizontal, la distanţă de suprafaţa metalului. Căldura dezvoltată de arc este preluată prin radiaţie de metal.

● În figura 7.19 este prezentat **un cuptor cu arc electric la suprafaţa metalului topit**. Electrozii *1* străbat bolta cuptorului *2* şi sînt fixaţi în nişte dispozitive cu ajutorul cărora li se poate regla poziţia faţă de suprafaţa metalului topit. Electrozii sînt executaţi din grafit, cu diametrul între 100 şi 400 mm, în funcţie de mărimea cuptorului. Prin electrozi pot trece curenţi de 2 000 A pînă la 18 000 A. De aceea, alimentarea acestora de la postul de transformare se face, de regulă, prin bare din cupru montate aerian sau prin cabluri electrice răcite cu apă.

● **Schema electrică de principiu a unui cuptor cu arc electric** se arată în figura 7.20. Aceasta cuprinde:

— separatorul a_1, care are contactele electrice mobile legate la pămînt, atunci cînd se află în poziţia deschis;

— întreruptorul general i_1 pentru legarea cuptorului la reţeaua de medie tensiune;

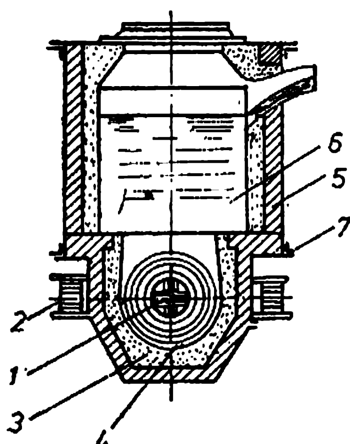


Fig. 7.18. Schiţa unui cuptor cu inducţie cu miez magnetic:

1 — miezul magnetic; *2* — bobină plasată pe miezul magnetic; *3* — izolaţie din material refractar; *4* — canal de topire; *5* — căptuşeala cuptorului; *6* — cuva cuptorului; *7* — elementele de susţinere ale cuptorului.

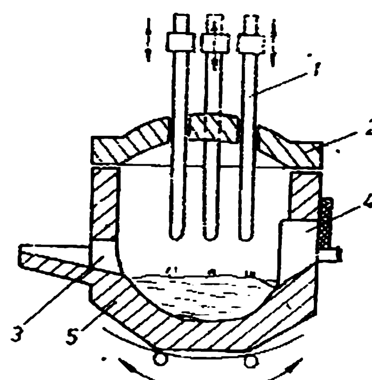


Fig. 7.19. Schiţa unui cuptor cu arc electric la suprafaţa metalului topit:

1 — electrozi; *2* — bolta cuptorului; *3* — gura de evacuare; *4* — gura de încărcare; *5* — căptuşeala cuptorului.

— transformatorul *TR* care permite reglarea puterii cuptorului, modificînd tensiunea din secundar prin legarea primarului din triunghi în stea. Aceasta se face cu ajutorul contactorului *C2*;

— grupul de bobine de balast *G*, care asigură stabilitatea arderii arcului electric. Cu ajutorul contactorului *C1* acestea pot fi scurtcircuitate (se procedează la aceasta atunci cînd primarul este legat în stea şi cînd cuptorul absoarbe o putere mai mică de la reţea);

— conductele electrice de alimentare *CA*, străbătute de curenţi foarte mari. Ca efect secundar, aceşti curenţi generează cîmpuri electromagnetice foarte puternice care pot duce la încălzirea (prin inducţie) a părţilor metalice din apropierea lor. De aceea toate îmbinările dintre conducte se fac cu multă grijă, iar piesele de fixare pe zidărie (nu pe beton armat) se execută din materiale nemetalice;

— electrozii *E* ai cuptorului, confecţionaţi din grafit.

Instalaţia poate fi completată prin adăugarea unui termocuplu şi a unui regulator automat. Acesta poate acţiona direct asupra întreruptorului *i1*, sau poate regla tensiunea din secundar, modificînd raportul de transformare. Deoarece factorul de putere al cuptoarelor cu arc electric este foarte scăzut pe partea primară se montează baterii de condensatoare pentru ameliorarea acestuia.

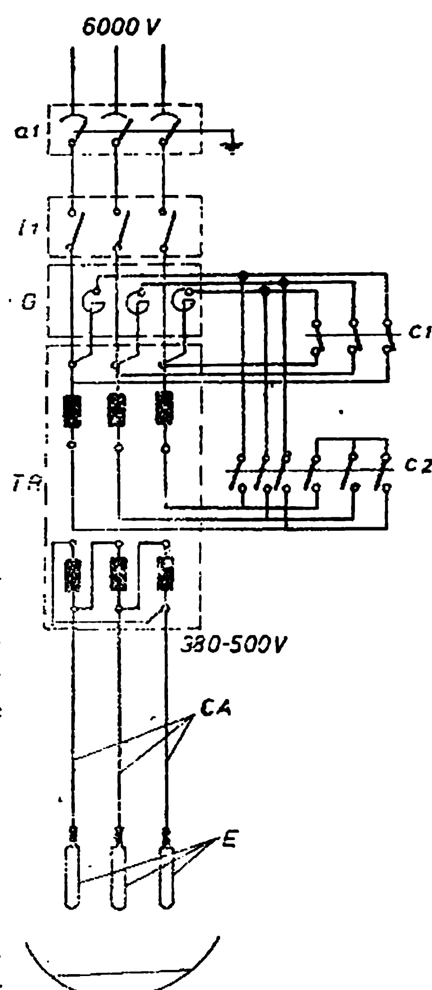


Fig. 7.20. Schema electrică de principiu a unui cuptor cu arc electric.

4. Încălzirea cu radiaţii infraroşii

Încălzirea cu radiaţii infraroşii se bazează pe efectul termic al radiaţiilor infraroşii. De regulă, radiaţiile infraroşii se produc cu ajutorul lămpilor electrice pentru radiaţii infraroşii. Acestea au filamentul (fig. 7.21) construit astfel, încît majoritatea energiei emise să fie formată din radiaţii electromagnetice cu lungimea de undă de 1—2 μ, ceea ce corespunde domeniului infraroşu. Temperatura filamentului este de 2 000—2 500 K. Puterea lămpilor este de 200—1 000 W, iar timpul de utilizare a acestora de maximum 3 000 de ore. *Balonul de sticlă are o formă parabolică.* *Este confecţionat din sticlă* de sodiu, potasiu şi calciu. Calota balonului este mată pentru a radia uniform, iar partea inferioară este acoperită la interior cu un strat de aluminiu puternic

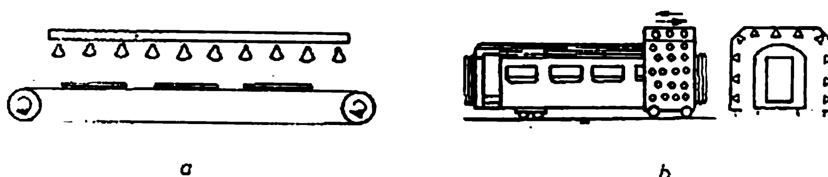


Fig. 7.22. **Schițe ale dispozitivelor de uscare sau încălzire cu radiații infraroșii:**
a — pentru materiale subțiri pe bandă; *b* — pentru uscarea vagoanelor proaspăt vopsite.

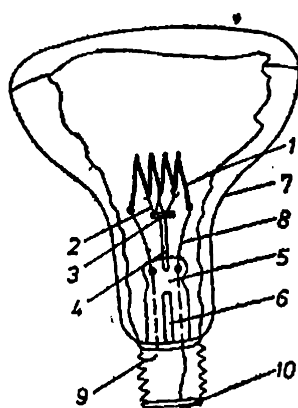


Fig. 7.21. **Lampă electrică pentru radiații infraroșii:**
1 — filament din wolfram; *2* — cîrlige; *3* — lentilă; *4* — bastonaș metalic; *5* — piciorus de sticlă; *6* — tub pentru evacuarea aerului; *7* — balon parabolic; *8* — electrozi; *9*, *10* — contacte (superior și inferior).

reflectant. Deoarece radiațiile se propagă în linie dreaptă, sursele trebuie astfel așezate încît radiațiile infraroșii să cadă perpendicular pe suprafața corpurilor supuse încălzirii și pe toată suprafața acestora. Din aceste motive, metoda nu se poate utiliza pentru uscarea (sau încălzirea) unor produse aflate în straturi, cu volume mari etc. Metoda se utilizează în special pentru uscarea peliculelor aplicate pe piese (deoarece radiațiile trec prin peliculă și încălzesc corpul care apoi cedează căldura peliculei de la interior către exterior), pentru înălzirea corpurilor plane, filiforme și granulate (materiale textile, ceramice, minerale, agroalimentare), pentru încălzirea materialelor inflamabile, pentru încălzirea pe bandă a materialelor subțiri (materiale din piele, cauciuc, celuloză, hîrtie, din industria cosmetică și farmaceutică).

Din motivele expuse mai sus, încălzirea cu radiații infraroșii are loc în dispozitive (ce nu pot fi denumite *cuptoare*) care au forme și dimensiuni corespunzătoare materialelor ce trebuie încălzite. În figura. 7.22 se indică cîteva schițe ale acestor tipuri de dispozitive. Lămpile electrice se pot monta pe linii sau în șah. Alimentarea cu energie electrică se face utilizînd conducte montate în tuburi de protecție metalice sau cabluri electrice. Reglarea temperaturii pieselor supuse uscării sau încălzirii se poate face prin modificarea numărului de lămpi aflate în funcțiune (fără a modifica uniformitatea radiației pe suprafața corpurilor), sau prin modificarea timpului de încălzire.

E. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE SPECIFICE PROCESELOR INDUSTRIALE

1. Instalații de sudare

Echipamentul electric din procesul sudării va fi exploatat și întreținut, în funcție de tipul său, după indicațiile date în cartea tehnică sau în prospect.

O atenție deosebită trebuie acordată măsurilor de protecție a muncii (conectarea carcaselor metalice ale surselor la instalația de legare la pămînt,

purtarea ochelarilor sau măştii de sudare, precum şi a şorţului de protecţie în timpul sudării etc.). Protecţia împotriva electrocutării la convertizoarele de sudare mobile se face numai pe partea motorului, prin întreruptoare automate cu relee termice şi electromagnetice, sau prin siguranţe fuzibile.

Pentru protejarea celulelor redresoare, foarte sensibile la acţiunea particulelor corozive din atmosferă, acestea se montează fie într-o baie de ulei, în cazul redresoarelor cu seleniu, fie în capsule metalice etanşe umplute cu azot, în cazul redresoarelor cu siliciu. Racordul electric între sursa de sudare şi locul de sudare se face prin conducte flexibile, izolate în cauciuc, pe o distanţă ce nu trebuie să depăşească 30 m. Corespondenţa între curentul maxim admisibil în conductor $I_{adm\,max}$ şi secţiunea conductorului s este dată în normative.

2. Instalaţii de electroliză şi galvanotehnică

În general, mediul în care sînt montate băile este coroziv şi în unele cazuri exploziv, ceea ce face necesară o separare între baie şi sursele de alimentare. Periodic, trebuie verificate elementele izolatoare, precum şi legăturile între barele de curent. O atenţie deosebită trebuie acordată modului corect de exploatare şi întreţinere a băii, deoarece starea acesteia şi a elementelor electrice componente influenţează puternic asupra întregii instalaţii electrice.

Spre exemplu, la obţinerea aluminiului prin electroliză, pe măsura evacuării aluminiului din baie, nivelul său scade şi ca urmare distanţa între anod şi suprafaţa metalului creşte şi o dată cu ea şi tensiunea din baie. Datorită acestui fapt, creşte consumul de energie şi, pentru a-l evita, este necesară coborîrea treptată a anodului astfel încît tensiunea să nu varieze cu mai mult de 0,5 V faţă de cea normală. La alimentarea redresoarelor prin intermediul transformatorului de reţea trebuie avut grijă ca înfăşurările acestuia să fie separate şi în nici un caz nu se vor utiliza autotransformatoare, pentru evitarea legăturii galvanice între reţeaua de c.a. şi cea de c.c.

Performanţele băilor galvanotehnice depind într-o foarte mare măsură de parametrii de exploatare: densitatea de curent, temperatura, pH-ul, agitarea, care trebuie corect corelate. De exemplu, la o baie de nichelare la 54°C, $pH = 2$, şi $\delta = 600$ A/m² depozitele sînt deschise la culoare, ductile şi de calitate superioară. Dacă $\delta = 20$ A/m², depozitele obţinute sînt fragile, necorespunzătoare.

3. Instalaţii de încălzire electrică

Diversitatea mare de cuptoare electrice şi de dispozitive de încălzire pe cale electrică obligă la adoptarea de măsuri specifice de exploatare şi întreţinere.

O atenţie deosebită va fi acordată integrităţii căptuşelii cuptorului, atît la interior cît şi la exterior. Degradările de la exterior se pot uşor remedia, pe cînd degradarea căptuşelii interioare poate să ducă la scoaterea din funcţiune a cuptorului. De aceea, şarja va fi totdeauna condusă în aşa fel, încît să nu se ajungă la degradarea căptuşelii interioare a cuptorului. Pentru aceasta, materialul pentru topit se va introduce treptat, fără şocuri. Golirea cuptorului se va face relativ repede, pentru a nu se depune pe pereţii laterali oxizi ai metalului topit. Cînd apar astfel de depuneri, acestea se înlătură cu grijă, fără

a solicita căptușeala prin lovituri mecanice ce ar putea să o distrugă. Refacerea căptușelii se realizează totdeauna la dimensiunile prescrise în cartea tehnică a cuptorului, pentru a nu modifica randamentul acestuia (mai ales în cazul cuptoarelor cu inducție fără miez).

În timpul funcționării cuptorului se va urmări ca cuva acestuia să fie cît mai bine izolată de mediul exterior, pentru a diminua la maximum pierderile de căldură prin neetanșeități. De asemenea, nu se va lăsa cuptorul cu ușa (sau capacul) deschisă mai mult decît este strict necesar (pentru umplere, completare, luarea unor probe etc.).

Se va urmări pe tot timpul funcționării cuptorului temperatura suprafețelor exterioare ale acestuia. Dacă apar părți supraîncălzite, acesta este un prim indiciu că în acea zonă căptușeala cuptorului s-a subțiat și este necesară remedierea ei.

Periodic, se va controla temperatura apei de răcire a conductelor electrice (în cazul cuptoarelor cu inducție). Depășirea temperaturii admisibile a acesteia este de asemenea un semn de supraîncălzire a cuptorului.

O regulă deosebit de importantă pentru securitatea personalului de deservire al cuptorului este aceea că pe toată perioada în care se umblă la cuptor (pentru încărcare, pentru completare etc.) acesta se deconectează de la rețeaua electrică. Nerespectarea acestei reguli poate să ducă la accidente deosebit de grave. În situațiile în care cuptorul nu este prevăzut cu un regulator automat de temperatură, periodic se va măsura temperatura acestuia pentru a evita supraîncălzirea șarjelor, situație ce conduce la scăderea randamentului cuptorului și uneori chiar la deprecierea șarjei.

Pe toată perioada elaborării șarjei se vor urmări aparatele de măsură indicatoare (ampermetre, voltmetre, cosfimetre, wattmetre).

În funcție de indicațiile acestora, se vor realiza cele mai potrivite manevre pentru o bună utilizare a cuptorului (curentul, tensiunea și puterea trebuie să se afle în apropierea valorilor nominale, iar factorul de putere cît mai aproape de unitate).

La sfîrșitul fiecărui schimb, se verifică starea tehnică a principalelor părți ale cuptorului. Se insistă în mod deosebit asupra:

— etanșeității cuptorului;

— bunei funcționări a alimentării cu energie electrică (executarea legăturilor electrice, funcționarea aparatelor indicatoare, funcționarea întrerupătorului automat de punere și scoatere de sub tensiune, buna funcționare a bateriilor de condensatoare);

— bunei funcționări a dispozitivelor auxiliare de basculare a cuptorului pentru golire;

— presiunii și temperaturii apei de răcire din conductele electrice;

— dimensiunilor electrozilor (numai la cuptoarele cu arc electric) cuptorului;

— funcționării lămpilor cu radiații infraroșii (numai la dispozitivele de încălzire cu radiații infraroșii);

— bunei funcționări a instalației automate de reglare a temperaturii.

Toate manevrele ce se execută la cuptor vor fi în conformitate cu cartea tehnică, cu instrucțiunile de utilizare ale acestuia și cu normele generale de tehnica securității muncii.

Capitolul 8

INSTALAŢII DE PROTECŢIE A OMULUI ÎMPOTRIVA ELECTROCUTĂRII

A. EFECTELE CURENTULUI ELECTRIC ASUPRA ORGANISMULUI UMAN

Corpul omenesc se comportă din punct de vedere electric, ca o rezistenţă. De aceea, dacă între două puncte de pe suprafaţa acestuia se aplică o diferenţă de potenţial, prin el trece un curent electric I_h:

$$I_h = \frac{U_h}{R_h}, \qquad (8.1)$$

unde:

U_a este tensiunea aplicată sau tensiunea de atingere;

R_h — rezistenţa electrică a corpului omenesc pe traseul străbătut de curent.

Trecerea unui curent electric prin organism poartă numele de *electrocutare*.

Curentul electric poate produce vătămarea organismului, sau chiar moartea. Vătămările pe care le produce electrocutarea sînt:

— *arsuri electrice ale pielii corpului* în locurile de contact cu circuitul electric. Acestea se datoresc acţiunii arcului electric ce se formează în aceste puncte;

— *şoc nervos* care afectează sistemul nervos. Prin şoc se poate opri funcţionarea (parţial sau total) a sistemului muscular, ceea ce poate provoca moartea organismului.

Gravitatea efectelor produse prin electrocutare depinde de:

— *intensitatea curentului*. Cu cît aceasta creşte, cu atît vătămarea este mai gravă, deoarece cu cît degajarea de căldură este mai mare cu atît şi sistemul nervos este mai mult afectat;

— *frecvenţa curentului*. S-a constatat că la aceeaşi valoare a intensităţii, curentul alternativ este mai periculos decît cel continuu. Se apreciază că limita intensităţii nepericuloase a curentului este:

— 50 mA pentru curentul continuu;

— 10 mA pentru curentul alternativ cu frecvenţa de 50 Hz.

Peste tensiunea de 450 V curentul continuu devine la fel de periculos ca şi curentul alternativ;

— *durata trecerii curentului electric prin organism*. Cu cît aceasta este mai mare, cu atît efectul electrocutării este mai grav. Se consideră că dacă durata de trecere a curentului este mai mică de 0,2 s, acesta nu este periculos pentru organism.

B. CAZURI DE ELECTROCUTARE

Omul se poate electrocuta atunci cînd atinge părţi din instalaţia electrică care în mod obişnuit se află sub tensiune. În aceste cazuri se numeşte *atingere directă*. Electrocutarea mai poate surveni şi atunci cînd omul atinge părţi din instalaţia electrică care au ajuns sub tensiune în mod accidental, în mod normal acestea nefiind sub tensiune. În aceste cazuri, atingerea se numeşte *atingere indirectă*.

1. Cazuri de electrocutare prin atingere directă

În figurile 8.1 şi 8.2 sînt arătate două cazuri de electrocutare prin atingerea directă a reţelelor electrice. În cele două figuri reţeaua electrică este alimentată de la secundarul unui transformator de 6/0,4 kV. Reţeaua electrică poate avea neutrul legat la pămînt (fig. 8.1), sau neutrul izolat faţă de pămînt (fig. 8.2). Dacă neutrul este izolat faţă de pămînt, între fazele reţelei electrice şi pămînt trebuie luată în considerare rezistenţa de izolaţie (R_{iz}). Aceasta este formată din rezistenţa electrică a straturilor izolatoare din jurul conductorului, din izolaţia tubului de protecţie etc. Ea este uniform distribuită pe toată lungimea conductorului de fază al reţelei dar, pentru simplificare, se reprezintă ca o rezistenţă concentrată, plasată în apropierea transformatorului. Valoarea ei este foarte mare, dar limitată (nu este infinită). Rezistenţele de izolaţie există între fazele reţelei şi pămînt şi atunci cînd reţeaua are neutrul legat la pămînt, însă nu se iau în considerare datorită valorilor mari pe care le au în comparaţie cu rezistenţa conductorului de legare la pămînt.

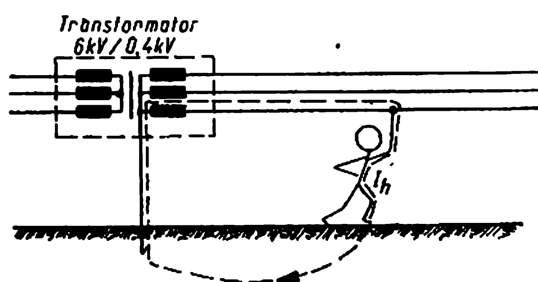


Fig. 8.1. Electrocutarea prin atingerea fazei unei reţele, cu neutrul legat la pămînt.

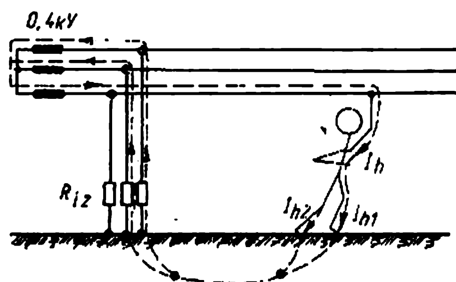


Fig. 8.2. Electrocutarea prin atingerea fazei unei reţele, cu neutrul izolat faţă de pămînt.

Atingerea unei faze a reţelei trebuie înţeleasă ca atingerea oricărui conductor de fază al unui receptor. Omul se va găsi cu una din mîini la potenţialul fazei pe care a atins-o şi cu picioarele pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate, aflată în contact direct cu pămîntul (fig. 8.1). În acest caz, cînd neutrul reţelei este legat la pămînt, se închide un circuit electric prin faza atinsă, om, sol (care este bun conducător de electricitate) şi neutrul legat la pămînt al transformatorului. Acelaşi circuit electric se stabileşte şi în cazul în care omul stă cu picioarele pe o pardoseală rău conducătoare de electricitate, dar cu o mînă atinge o fază a reţelei şi cu cealaltă peretele construcţiei sau un alt element bun conducător de electricitate, aflat în contact sau solul.

în primul caz, curentul electric trece prin om pe traseul mînă-picior, în al doilea caz pe traseul mînă-mînă. În ambele cazuri efectul curentului electric este acelaşi (aceeaşi valoare a curentului). În cazul în care reţeaua este izolată faţă de pămînt (v. fig. 8.2) şi omul atinge una din faze, se poate observa că se produce electrocutarea deoarece curentul se închide prin faza atinsă, om, sol, rezistenţele de izolaţie dintre sol şi fazele neatinse.

2. Cazuri de electrocutare prin atingere indirectă

Părţile metalice care, în mod normal, nu se află sub tensiune, dar care din cauza unui defect de izolaţie pot să ajungă sub tensiune sînt: carcasele motoarelor electrice, batiurile maşinilor-unelte, stelajele tablourilor electrice, stelajele de susţinere ale unor aparate electrice etc.

Omul atinge în mod frecvent aceste părţi metalice în timpul exploatării instalaţiilor respective. Cît timp nu a avut loc nici un defect de izolaţie care să le pună sub tensiune (la potenţialul unei faze), nu există nici un pericol. Dacă defectul s-a produs la atingerea acestora se produce electrocutare, atît în cazul reţelelor legate la pămînt (fig. 8.3, *a*), cît şi a celor izolate faţă de pămînt (fig. 8.3, *b*). În primul caz se stabileşte un curent electric prin circuitul: faza defectă, carcasa motorului, corpul omului, sol şi neutrul reţelei. În al doilea caz curentul electric se stabileşte prin circuitul: faza defectă, carcasa motorului, corpul omului, sol, rezistenţele de izolaţie ale fazelor nedefecte (sănătoase), fazele nedefecte (sănătoase) şi neutrul reţelei.

Electrocutarea mai poate surveni atunci cînd picioarele omului se află la potenţiale diferite. În acest caz, tensiunea aplicată omului se numeşte *tensiune de pas*. Astfel de situaţii se pot ivi în apropierea unei prize de pămînt, sau în apropierea locului de contact cu solul al unui conductor de fază * (fig. 8.4).

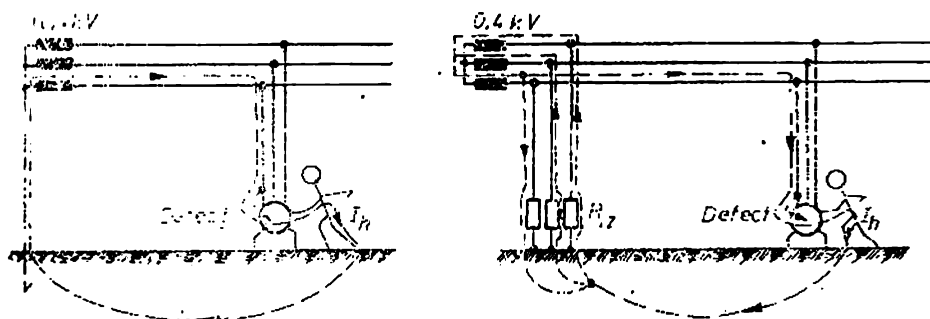


Fig. 8.3. Cazuri de electrocutare prin atingerea indirectă. Atingerea carcasei unui motor, care se află în contact cu una din fazele reţelei:
a — legată la pămînt; *b* — izolată faţă de pămînt.

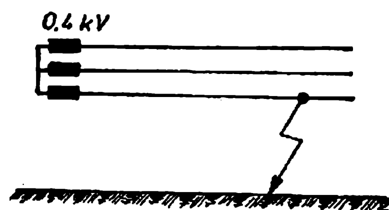


Fig. 8.4. Punere la pămînt a unui conductor de fază.

* Această situaţie poartă numele de *punere la pămînt a conductorului*.

C. METODE DE PROTECȚIE

● **Protecția omului împotriva electrocutării prin atingere directă** se realizează prin utilizarea mijloacelor individuale de protecție și prin respectarea normelor de tehnica securității specifice muncii lucrărilor de instalații electrice.

Mijloacele individuale de protecție cuprind:

— materiale electroizolante pentru protecție: covoare, cizme, galoși și mănuși din cauciuc electroizolant, scule cu mînerele izolante etc. Acestea trebuie să se găsească în dotarea fiecărui electrician din personalul de întreținere și trebuie utilizate ori de cîte ori se lucrează la părțile din instalația electrică. Covoarele din cauciuc electroizolant se așază în fața tablourilor sau panourilor electrice la care se lucrează și pe toată durata intervenției muncitorul trebuie să se afle cu picioarele (încălțate cu cizme sau galoși din același cauciuc electroizolant) pe acestea;

— materiale pentru îngrădiri provizorii, pentru a izola locul de lucru al instalațiilor electrice, astfel incît restul personalului din întreprindere să nu aibă acces la acesta;

— plăcuțe avertizoare, pentru a atrage atenția asupra pericolului de electrocutare și asupra interzicerii unor manevre în instalațiile electrice.

● **Protecția omului împotriva electrocutării prin atingere indirectă** se realizează, în principiu, prin:

— *micșorarea tensiunii de atingere*;

— *micșorarea duratei de trecere a curentului electric prin corpul omenesc.*

Micșorarea tensiunii de atingere. Urmărind relația (8.1) se vede că valoarea curentului depinde de valorile pe care le au tensiunea de atingere și rezistența electrică a corpului omenesc.

Rezistența electrică a corpului omului depinde mult de umiditatea pielii și starea fizică a acestuia. Ea variază în limite foarte largi;

— sub 1 000 Ω, cînd pielea este umedă din cauza transpirației etc.;

— între 40 000—100 000 Ω, cînd pielea este uscată.

Rezultă că electrocutarea poate avea efecte periculoase dacă tensiunea de atingere are valori, pentru curentul alternativ, cuprinse între:

$$\Delta U_1 \simeq 1\,000\,\Omega \cdot 10 \cdot 10^{-3}\text{A} = 10\ \text{V},$$

$$\Delta U_2 \simeq 100\,000\text{V} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 1\,000\ \text{V},$$

în funcție de rezistența electrică a corpului omenesc.

Dacă tensiunea de atingere este de 220 V, iar pielea omului este foarte uscată, curentul de electrocutare este:

$$I_h = \frac{\Delta U}{R} = \frac{220}{100\,000} = 2{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 2{,}2\ \text{mA},$$

valoare mai mică decît 10 mA, limita intensității nepericuloase.

La aceeași tensiune de atingere, dacă pielea omului este ușor umedă (datorită mediului din încăpere, transpirației etc.) și rezistența electrică a corpului are o valoare de aproximativ 40 000 Ω prin corp va trece un curent:

$$I_h = \frac{200}{40\,000} = 5{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 5{,}5\ \text{mA}$$

care de asemènea nu este periculos. Dacă însă pielea corpului este umedă şi rezistenţa electrică a acestuia este de 1 000 Ω, curentul de electrocutare la aceeaşi tensiune de atingere de 220 V va fi:

$$I_h = \frac{220}{1\,000} = 220 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 220 \text{ mA},$$

valoare cu mult peste limita intensităţii periculoase.

Din exemplele de mai sus se poate observa că aceeaşi tensiune de atingere poate produce curenţi de electrocutare nepericuloşi, sau periculoşi în funcţie de rezistenţa electrică a corpului omului.

Cum această rezistenţă nu poate fi cunoscută cu precizie, limitarea curentului de electrocutare se realizează prin adoptarea unor metode care să ducă la scăderea tensiunii de atingere (sau de pas) sub valoarea tensiunii de atingere admisibile. Prin *tensiune de atingere admisibilă* se înţelege tensiunea care aplicată corpului omenesc determină trecerea unui curent nepericulos prin acesta. Din acest punct de vedere, locurile de muncă se împart în trei categorii:

— *locuri puţin periculoase*. Acestea sînt încăperile uscate şi încălzite, care au pardoseală rău conducătoare de electricitate (locuinţele, birourile, clasele etc.);

— *locuri periculoase*. Acestea sînt locurile în care este realizat cel puţin unul din următorii factori (care provoacă scăderea rezistenţei corpului omenesc, sau măresc posibilitatea punerii sub tensiune a acestuia); temperatura aerului între 25 şi 30°C, umiditatea aerului între 75 şi 95%, în mediu există degajări de praf bun conducător de electricitate, pardoseala este bună conducătoare de electricitate, în apropierea instalaţiilor electrice se află construcţii metalice ce nu sînt prevăzute cu ecrane de protecţie, sau încăperi în care pardoseala este ocupată în proporţie de pînă la 60% cu obiecte metalice. În această categorie intră marea majoritate a încăperilor de lucru din industrie şi cele din subsolurile tehnice;

— *locuri foarte periculoase*. Acestea sînt locurile în care este realizat cel puţin unul din următorii factori: temperatura aerului peste 30°C, umiditatea aerului peste 97% (pe pereţi există permanent condens), în aer există degajări de vapori corozivi, obiectele metalice ocupă peste 60% din suprafaţa locului de lucru. În această categorie intră centralele termice şi de ventilaţie, staţiile de hidrofor, punctele termice, depozitele pentru bateriile de acumulatoare, spaţiile pentru vopsitorii sau tratamente termice, cît şi rezervoarele metalice, cazanele, conductele mari metalice în care se lucrează.

Pericolul de electrocutare depinde şi de tipul echipamentului electric folosit, care poate fi:

— *echipament fix*, care funcţionează într-o poziţie fixă. Instalaţia electrică a acestuia este executată îngropat sau aparent pe elementele de construcţie. În această categorie se încadrează echipamentul electric pentru alimentarea corpurilor de iluminat montate pe elementele de construcţii, pentru alimentarea maşinilor-unelte, motoarelor etc.;

— *echipament mobil*, care este utilizat în diferite locuri în funcţie de necesităţile procesului de producţie. Nu funcţionează în timpul deplasării, iar deplasarea se face numai după ce a fost scos de sub tensiune. Acest echipament este mai periculos decît cel fix, deoarece în timpul deplasărilor izolaţia electrică a conductoarelor este mult mai expusă, datorită solicitărilor mecanice suplimentare. În această categorie se încadrează grupurile convertizoare, transformatoarele de sudare etc.;

— *echipament portativ*, care în timpul funcţionării este purtat de una sau mai multe persoane. Este cel mai periculos dintre echipamente datorită contactului direct şi permanent (pe timpul funcţionării) cu corpul omului. Izolaţia şi legăturile electrice sînt supuse la solicitări mecanice mult mai mari. În această categorie se încadrează uneltele de mînă, lămpile electrice portabile etc.

În funcţie de echipamentul folosit şi locul în care este utilizat, instalaţiile de protecţie trebuie să asigure limitarea tensiunilor de atingere şi de pas sub valorile admisibile indicate în tabelul 8.1 (după STAS 6616-78).

TABELUL 8.1

Valorile admisibile ale tensiunilor de atingere (sau de pas) în volţi

Echipamentul folosit / locul unde se utilizează	fix	mobil	portativ
puţin periculos	40	40	40
periculos	40	40	24
foarte periculos	24	24	24

Micşorarea duratei de trecere a curentului electric prin corpul omului. Instalaţiile de protecţie împotriva electrocutărilor prin atingerea indirectă trebuie astfel concepute, încît ele să întrerupă curentul în mai puţin de 0,2 s.

Din punct de vedere practic, protecţia omului împotriva electrocutării prin atingerea indirectă se realizează prin două categorii de metode:

— *metode de protecţie de bază* (sau *principale*), care pot asigura singure protecţia;

— *metode de protecţie suplimentare*, care au numai rolul de a dubla una din metodele de protecţie de bază.

Dintre metodele de protecţie de bază cele mai importante sînt:

— protecţia prin legare la pămînt;

— protecţia prin legare la nulul de protecţie;

— protecţia prin folosirea tensiunii reduse.

Dintre metodele de protecţie suplimentare cea mai importantă este: protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere *(PATA)*.

1. Metode de protecţie de bază

a. Protecţia prin legare la pămînt

Aceasta este metoda de bază ce se adoptă împotriva electrocutărilor prin atingerea indirectă în reţelele cu neutrul izolat faţă de pămînt. Legarea la pămînt se realizează printr-o priză de pămînt montată în apropierea construcţiei şi un conductor metalic de legătură între priza de pămînt şi partea metalică care, în mod accidental, ar putea ajunge sub tensiune (carcasa metalică

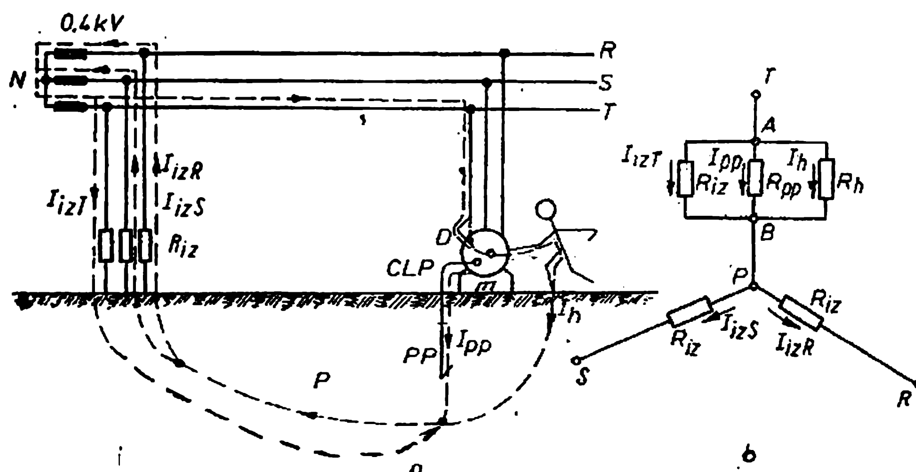


Fig. 8.5. Principiul metodei de protecție împotriva electrocutării prin legare la pămînt:
a — schema de principiu; *b* — schema electrică echivalentă; *N* — punctul neutru al rețelei (izolat față de pămînt); *m* — motor electric; R_{iz} — rezistențele de izolație; *PP* — priza de pămînt; *CLP* — conductor de legare la pămînt; *D* — defect de izolație; I_{izR}, I_{izS}, I_{izT} — curenții prin rezistențele de izolație dintre fazele *R*, *S*, *T* și pămînt; I_{pp} și I_h — curenții prin priza de pămînt și prin corpul omului.

a unui motor de exemplu). În figura 8.5 este prezentat principiul metodei de legare la pămînt. Rețeaua trifazată (*R*, *S*, *T*) are neutrul *N* izolat față de pămînt (*P*).

Motorul electric *m* este alimentat de la rețea printr-un racord trifazat, iar carcasa metalică a acestuia este legată la priza de pămînt *PP* prin conductorul de legare la pămînt *CLP*.

S-a presupus că faza *T* a suferit un defect de izolație *D* și carcasa metalică a motorului a fost pusă în contact cu aceasta. Dacă omul atinge cu mîna carcasa motorului, iar cu picioarele se află pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate, se stabilește circuitul electric trifazat, desenat cu linie întreruptă pe figura 8.5, *a*. Schema electrică echivalentă a acestuia este cea din figura 8.5, *b*, unde R_{pp} este rezistența prizei de pămînt și a conductorului de legare la aceasta, iar R_h este rezistența electrică a corpului omului. Între faza *T* și pămînt există rezistența de izolație (de pe această fază) a prizei de pămînt și a omului, legate în paralel, iar între fazele *R* și *S* și pămîntul *P* există numai rezistențele de izolație R_{iz}.

Din figura 8.5, *b* rezultă că valoarea curentului ce trece prin om I_h depinde de căderea de tensiune aplicată acestuia, care este ΔU_{AB}. Deoarece rezistențele R_{pp} și R_h sînt legate în paralel, există relația:

$$\Delta U_{AB} = R_h I_h = R_{pp} I_{pp}, \tag{8.2}$$

de unde:

$$I_h = \frac{R_{pp}}{R_h} I_{pp}. \tag{8.3}$$

Dacă rezistența prizei de pămînt ar fi R_{pp} nulă, curentul prin om ar fi de asemenea nul, ceea ce ar reprezenta o protecție ideală pentru om. În realitate, rezistența prizei de pămînt are o valoare foarte mică astfel ca valoarea

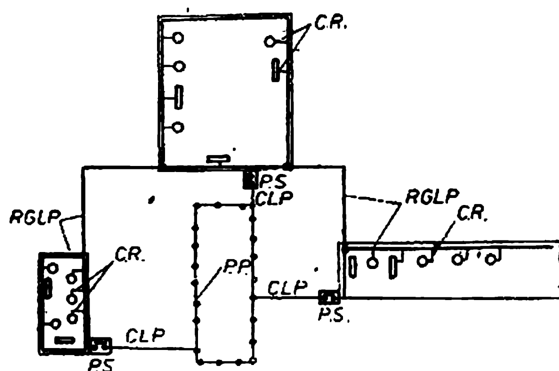


Fig. 8.6. Schema unei instalații de protecție împotriva electrocutării, prin legare la pămînt.

curentului prin om să fie mai mică decît cea periculoasă, iar ΔU_{AB} să fie de asemenea sub valoarea admisibilă a tensiunii de atingere.

Rezultă că metoda de protecție împotriva electrocutării prin legare la pămînt face parte din grupa metodelor de protecție prin micșorarea tensiunii de atingere.

Valoarea rezistenței prizei de pămînt, cînd aceasta este utilizată numai pentru protecția omului împotriva electrocutării, prin legare la pămînt, trebuie să fie mai mică decît 4 Ω. Dacă priza de pămînt este comună mai multor instalații (de exemplu și pentru protecția construcțiilor împotriva descărcărilor electrice atmosferice), valoarea ei trebuie să fie mai mică decît 1 Ω.

Instalația de legare la pămînt a părților metalice, ce în mod accidental ar putea fi puse sub tensiune, este formată din următoarele părți componente (fig. 8.6):

— *ramificațiile CR*;
— *rețeaua generală de legare la pămînt RGLP*;
— *priza de pămînt PP*;
— *piesa de separație PS*.

● **Ramificațiile** se execută, de regulă, din bandă din OL-Zn cu secțiunea minimă de 50 mm și grosimea minimă de 3 mm (cînd se montează ***aparent*** sau de 4 mm (cînd se montează ***îngropat***).

Ramificațiile se prind de părțile metalice ce se leagă la pămînt prin sudare sau prin intermediul unui șurub prevăzut special în acest scop. În acest ultim caz, strîngerea se va face astfel încît să se asigure un contact electric cît mai bun. De asemenea, ramificațiile vor avea trasee cît mai scurte pentru a asigura o rezistență electrică cît mai mică.

● **Rețeaua generală de legare la pămînt** se execută, de asemenea, tot din bandă din OL-Zn cu secțiunea minimă de 100 mm² și de aceleași grosimi ca și ramificațiile. Această platbandă se montează aparent pe pereții construcției, la 15 ... 20 cm de la pardoseală (fig. 8.7). Golul ușilor este ocolit fie prin pardoseală, fie peste acesta. Îmbinarea platbandelor ce formează rețeaua generală de legare la pămînt și ramificațiile dintre aceasta și părțile metalice legate la pămînt se va executa prin sudare.

Legăturile către priza de pămînt (fig. 8.7) se execută aparent tot din platbandă din OL-Zn cu secțiunea de 100 mm². În afara construcție, platbanda se montează, pînă la ieșirea din fundație, într-o țeavă ce are rolul de a proteja împotriva solicitărilor mecanice. Pe această legătură către priza de pămînt se prevede o piesă de separație (fig. 8.7) care să permită izolarea prizei de pămînt de rețeaua generală de legare la pămînt (acest lucru este necesar în cazurile cînd trebuie să se măsoare rezistența prizei de pămînt). Piesa de separație nu este altceva decît o eclisă (tot din OL-Zn), prinsă în șuruburi pentru a permite desfacerea acesteia și întreruperea continuității electrice către priza de pămînt. Piesa de separație se poate monta în clădire, ca în figura 8.7, sau pe peretele exterior al clădirii, într-o cutie special destinată,

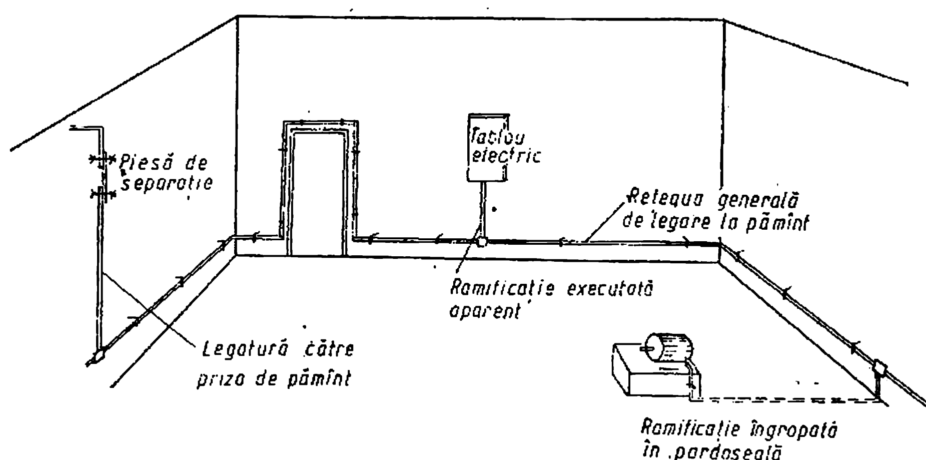


Fig. 8.7. Instalația de legare la pămînt (montarea rețelei generale de legare la pămînt și a ramificațiilor).

ca în figura 8.8. Cutia este prevăzută cu ușă ce se închide cu o cheie specială (cu cap pătrat sau triunghiular), pentru a nu permite accesul la piesa de separație decît pentru personalul de exploatare.

● **Priza de pămînt** asigură contactul electric al instalației de legare la pămînt cu solul. Ea este formată din unul sau mai mulți electrozi în contact cu solul și conductoarele de legătură dintre electrozi.

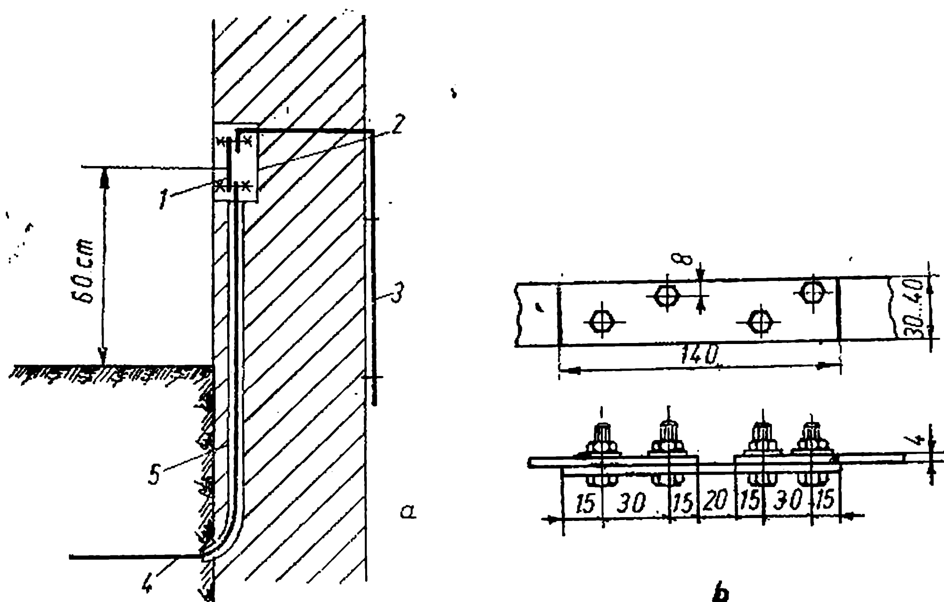


Fig. 8.8. Montarea piesei de separație într-o cutie specială pe fațada construcției (a) și detaliu constructiv (b):

1 — piesa de separație; 2 — cutia pentru piesa de separație; 3 — legătura de la rețeaua generală de legare la pămînt; 4 — legătura către priza de pămînt; 5 — țeavă pentru protecția legăturii.

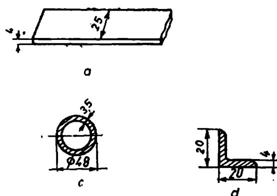


Fig. 8.9. Dimensiunile minime ale electrozilor din OL-Zn: *a* — bandă; *b* — oţel rotund; *c* — ţeavă; *d* — oţel cornier.

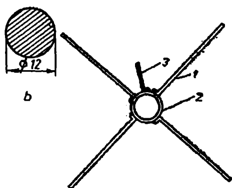


Fig. 8.10. Priză de pămînt orizontală (cu electrozi din bandă) din OL-Zn: *1* — electrod; *2* — element de legătură între electrozi; *3* — legătură la reţeaua generală de legare la pămînt.

Clasificare. Prizele de pămînt pot fi *naturale* şi *artificiale*.

— *prizele de pămînt naturale* reprezintă părţi din construcţii sau instalaţii subterane, bune conducătoare de electricitate, aflate în contact permanent cu solul şi care pot fi folosite pentru trecerea în pămînt a curenţilor de defect. Electrozii pot fi: stîlpii metalici îngropaţi în pămînt sau beton, armătura metalică a stîlpilor sau a fundaţiilor din beton armat, conductele metalice de apă rece sau de scurgere, învelişurile metalice ale cablurilor sau alte elemente metalice din sol care la trecerea curentului electric nu sînt afectate din punct de vedere funcţional. Se preferă astfel de prize de pămînt deoarece nu trebuie făcută o investiţie suplimentară. Cînd însă rezistenţa prizei de pămînt naturală este mai mare decît valoarea admisibilă, se prevede o priză de pămînt artificială de completare, care se leagă în paralel cu priza naturală;

— *prizele de pămînt artificiale* sînt construite special pentru trecerea în pămînt a curenţilor de defect. Electrozii acestor prize se execută din OL-Zn sub formă de bandă, ţeavă, foaie de tablă sau oţel profilat. În figura 8.9 sînt date dimensiunile minime ale electrozilor din OL-Zn pentru prizele de pămînt utilizate în instalaţiile de joasă tensiune.

În funcţie de poziţia de montare a electrozilor se deosebesc:

— *prize de pămînt orizontale*, cînd electrozii sînt amplasaţi la cel mult 0,8 m de la suprafaţa solului, în poziţie orizontală (fig. 8.10);

— *prize de pămînt verticale*, cînd electrozii sînt amplasaţi la adîncimi mai mari (partea superioară a electrozilor se va afla la 0,8 m de la suprafaţa solului), în poziţie verticală (fig. 8.11) . Prizele de pămînt orizontale se folosesc frecvent pe perioada execuţiei de şantier, după care se înlocuiesc cu prize verticale. Electrozii prizelor verticale se introduc în sol prin batere, de aceea capetele acestora se ascut în figura 8.12. Baterea se face manual, cu ciocane de 5 kg sau cu dispozitive mecanice. Pe tot timpul baterii electrozii vor fi susţinuţi cu ajutorul unor cleşti speciali, cu mînere lungi.

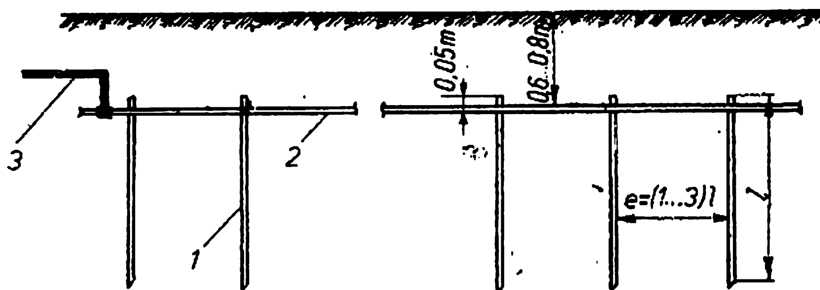


Fig. 8.11. Priză de pămînt verticală (cu electrozi din țeavă din OL-Zn):
1 — electrod; 2 — element de legătură între electrozi; 3 — legătură la rețeaua generală de legare la pămînt.

Calculul prizei de pămînt

Rezistența unei prize formată dintr-un singur electrod (priză singulară) *orizontal*, din platbandă de OL-Zn 40 × 4 mm² și amplasat la 0,8 m de la suprafața solului, este dată de relația:

$$r_0 = 0{,}732\frac{\rho}{l}\log\frac{l}{4}, \qquad (8.4)$$

unde:

ρ este rezistivitatea solului, în Ω cm;

l — lungimea electrodului, în cm.

Rezistența unei prize formată dintr-un singur electrod vertical, din țeavă din OL-Zn cu diametrul de 2" lungimea de 3 m și amplasat ca în figura 8.11, este dată de relația:

$$r_v = 26\cdot 10^{-4}\,\rho. \qquad (8.5)$$

Rezistența unei prize de pămînt formată din mai mulți electrozi (priză multiplă) este dată de relația:

$$R_p = \frac{r_s}{un}, \qquad (8.6)$$

unde:

r_s este rezistența unei prize singulare;

n — numărul de electrozi ai prizei;

u — factorul de utilizare al prizei.

Factorul de utilizare este indicat (în tabele) în funcție de numărul de electrozi, distanța dintre doi electrozi consecutivi, modul de așezare a electrozilor (pe un contur deschis sau închis) și tipul prizei (orizontală sau verticală).

Rezistența electrică a unei prize de pămînt mixte, compusă atît din electrozi verticali cît și orizontali (care fac legătura între electrozi verticali, v. fig. 8.11), este dată de relația:

$$R_{pp} = \frac{R_v R_0}{R_v + R_0}, \qquad (8.7)$$

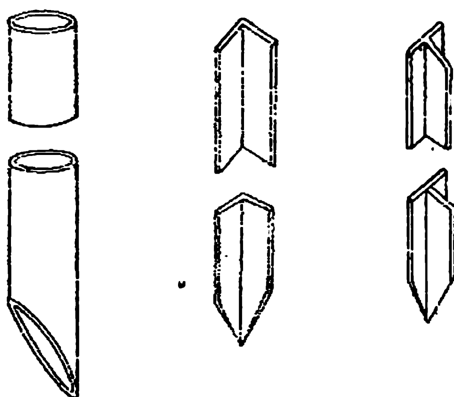


Fig. 8.12. Electrozi pregătiți pentru batere.

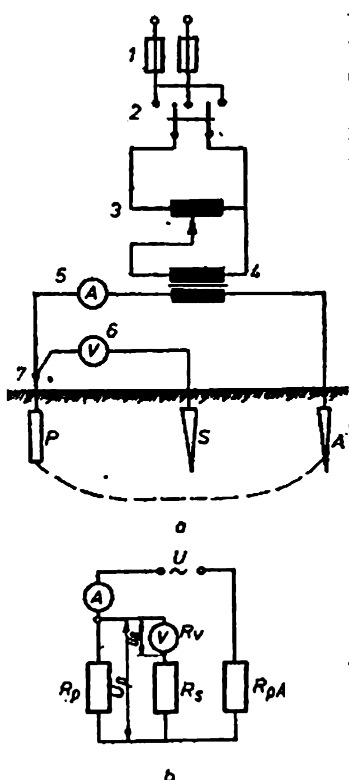


Fig. 8.13. Montajul pentru măsurarea rezistenței prizei de pămînt:

a — schema de conectare a aparatelor; *b* — schema echivalentă; *1* — siguranțe; *2* — întrerupător inversor; *3* — autotransformator de reglare; *4* — transformator de separare; *5* — ampermetru; *6* — voltmetru; *7* — piesă de separație pentru verificări.

unde R_v și R_0 sînt rezistențele prizelor multiple verticală și orizontală, rezistențe ce se calculează cu relația (8.6).

Calculul prizei de pămînt constă în a aplica relațiile (8.5) ... (8.7) pentru diferite valori ale lui n (numărul de electrozi verticali) și e (distanța dintre doi electrozi verticali apropiați) pînă cînd rezistența prizei R_{pp} este mai mică decît valoarea prescrisă.

Montare și întreținere. În timpul executării prizei de pămînt verticale o atenție deosebită se va acorda îmbinărilor dintre electrozi și elementele de legătură dintre acestea. Îmbinările se vor executa prin sudură, după ce anterior locul a fost curățat pînă la luciu metalic cu peria de sîrmă. Îmbinarea este apoi protejată, împotriva agenților din sol, prin acoperirea cu smoală topită.

Deoarece rezistivitatea solului se modifică în timp, sau elementele prizei de pămînt se pot deteriora, periodic prizei de pămînt i se măsoară rezistența electrică. Pentru măsurarea acesteia se utilizează în mod curent *metoda ampermetrului și a voltmetrului*. Montajul este arătat în figura 8.13. Pentru a se măsura rezistența prizei de pămînt *P* se mai utilizează încă două prize: una notată cu *A* (*priză auxiliară* sau *priză de curent*) și una notată cu *S* (*priză-sondă* sau *priză de potențial*). Priza auxiliară trebuie amplasată la mare distanță de priza de pămînt *P*, iar rezistența ei nu trebuie să depășească 10 Ω. Priza-sondă poate avea o rezistență mai mare, dar trebuie amplasată la distanță mare de cele două prize (în zona de potențial nul a acestora). De exemplu, pentru priza auxiliară se poate utiliza priza unui post de transformare care nu se află sub tensiune, aflată pînă la cîțiva kilometri de priza *P*. Legătura electrică între acestea se poate face prin intermediul unui conductor al unei linii electrice aeriene scoasă de sub tensiune. Pentru priza-sondă se poate folosi priza de pămînt a unui stîlp de susținere a unei linii electrice aeriene (aflată în jumătatea distanței dintre prizele *P* și *A*). Alimentarea se face de la o sursă de curent alternativ, prin intermediul transformatorului de separare (cu tensiunea secundară de 12—64 V), sau de la un mic grup generator de curent alternativ. Reglarea tensiunii și a intensității se face cu autotransformatorul *3*. Deoarece rezistența prizei de pămînt *P* are o valoare mică, montajul se face cu ampermetrul în amonte.

Potențialul prizei de pămînt este dat de relația:

$$U_p = U_v'\left(1 + \frac{R_s}{R_v}\right), \tag{8.8}$$

unde:

U_v este tensiunea indicată de voltmetru;
R_s — rezistența sondei (care se cunoaște);
R_v — rezistența interioară a voltmetrului (care de asemenea este cunoscută).

Pentru aflarea rezistenței prizei de pămînt P se face trei măsurări:

— se deconectează sursa de alimentare și se citește indicația voltmetrului (U_0), care va reprezenta tensiunea perturbatoare dată de curenții vagabonzi din sol;

— se conectează sursa de alimentare și se citește indicația U_1 a voltmetrului și valoarea curentului prin priza de pămînt I_p, indicată de ampermetru;

— se inversează polaritatea sursei de alimentare cu ajutorul inversorului *2*, se reglează curentul prin priza de pămînt cu ajutorul transformatorului *3* pînă ce acesta capătă aceeași valoare ca și în cazul măsurării precedente. Se citește indicația U_2 a voltmetrului. Valoarea rezistenței prizei de pămînt P este dată de relația:

$$R_p = \frac{1}{I_p}\sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2}{2} - U_0^2}, \qquad (8.9)$$

unde I_p, U_1, U_2 și U_0 au semnificațiile arătate.

Înainte de a se măsura rezistența prizei de pămînt P, toate piesele de separație aflate pe legăturile către rețeaua generală de legare la pămînt se desfac. Dacă rezistența măsurată este mai mică decît cea admisibilă pentru priza de pămînt, atunci aceasta se repune în funcțiune prin conectarea pieselor de separație. Dacă rezistența prizei de pămînt este mai mare decît cea necesară, priza se completează cu electrozi pînă ce rezistența ei ajunge la valoarea dorită.

b. Protecția prin legare la nulul de protecție

Aceasta este metoda de bază ce se adoptă împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă în rețelele cu neutrul legat la pămînt. Conductorul de nul de protecție se execută numai de cupru și se leagă la priza de pămînt de exploatare (la care se leagă neutrul rețelei trifazate) a postului de transformare.

Principiul metodei este ilustrat în figura 8.14. Motorul trifazat *m* este

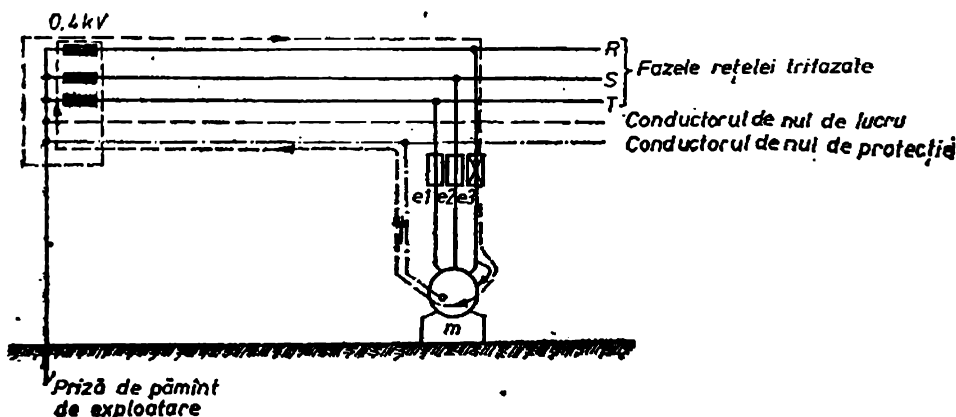


Fig. 8.14. Principiul metodei de protecție împotriva tensiunilor accidentale de atingere, prin legare la nulul de protecție.

legat la rețea, iar carcasa metalică a acestuia este legată la conductorul de nul de protecție. Dacă se produce un defect de izolație și unul din conductoarele de fază (se exemplifică în figura 8.14 pentru faza R) ajunge în contact cu carcasa metalică a motorului, se stabilește un circuit electric astfel: faza R, locul defect, carcasa motorului, ***conductorul de nul de protecție***, neutrul rețelei și faza R. Curentul prin acest circuit are mărimea:

$$I = \frac{U_f}{R_f + R_{np}}, \tag{8.10}$$

unde $U_f = 220$ V este tensiunea de fază, iar R_f și R_{np} sînt rezistențele conductoarelor de fază și respectiv de nul de protecție. Chiar dacă distanța dintre postul de transformare și motor este de ordinul sutelor de metri, rezistențele R_f și R_{np} au valori mici (aproximativ 1—2 Ω). Rezultă că valoarea curentului de defect I_d este mare (100—200 A), ceea ce face să se topească firul fuzibil al siguranței de pe faza defectă (siguranța e_3 din figura 8.14). În felul acesta, carcasa motorului este scoasă de sub tensiune și pericolul de electrocutare prin atingerea acesteia dispare.

În figura 8.14 este reprezentat un al cincilea conductor *(conductor de nul de lucru)*. Este foarte important ca cele două conductoare de nul să nu fie confundate între ele. Conductorul de nul de lucru se utilizează numai pentru alimentarea receptoarelor monofazate, iar conductorul de nul de protecție numai pentru legarea părților metalice care în mod accidental ar putea ajunge sub tensiune (fig. 8.15). În figura 8.15 se indică modul corect cum trebuie utilizate conductoarele de nul de lucru și de protecție. Motoarele trifazate m_1 și m_2 sînt legate la cele trei faze ale rețelei (R, S și T) și părțile metalice ale acestora la conductorul de nul de protecție. Cuptorul monofazat c este legat la faza T și la conductorul de nul de lucru, iar carcasa metalică a sa la conductorul de nul de protecție. Priza monofazată p este legată la faza S și la nulul de lucru, iar contactul său de protecție la conductorul de nul de protecție.

În practică, de la transformator pînă la cofretul (sau tabloul general) clădirii, rețeaua este formată din patru conductoare (fig. 8.16): cele trei conductoare de fază și un conductor de nul care este comun pentru nulul de lucru și pentru nulul de protecție. La cofret (sau la tabloul general), nulul de protecție și nulul de lucru se separă între ele (fig. 8.16).

Pentru ca protecția să fie eficientă, ***rezistența electrică a conductorului de nul de protecție trebuie să fie astfel aleasă încît siguranța fuzibilă*** (sau releele

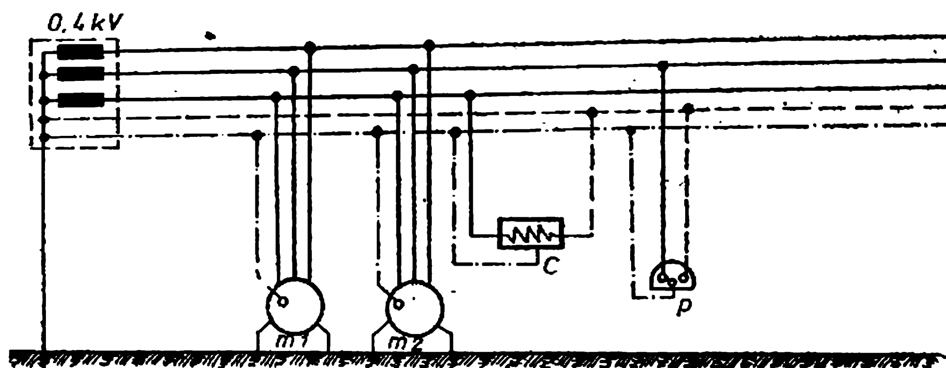


Fig. 8.15. Utilizarea corectă a conductoarelor de nul de lucru și nul de protecție.

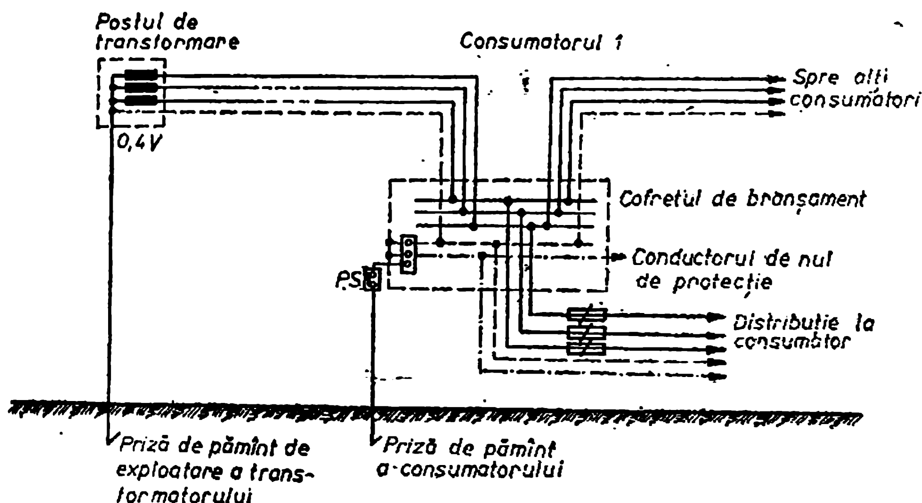


Fig. 8.16. Formarea nulului de protecție la consumator, cînd postul de transformare este la depărtare.

electromagnetice ale întreruptoarelor automate) *să deconecteze într-un timp mai mic decît 0,2 s. Conductorul de nul de protecție se execută din cupru,* pentru a avea și o rezistență mecanică bună. Secțiunile minime ale conductorului de nul de protecție se aleg din tabele în funcție de condițiile sale de montare și de secțiunea și materialul conductorului de fază.

În instalațiile interioare, *conductorul de nul de protecție este îmbrăcat în izolație de culoare roșie,* pentru a se deosebi de conductorul de nul de lucru, pentru care izolația se execută de culoare albă sau cenușie.

Pe toată lungimea sa, *conductorul de nul de protecție se înnădește numai prin sudare, cositorire sau prin șuruburi asigurate împotriva autodesfacerii.* Și din acest punct de vedere se deosebește de conductorul de nul de lucru care se înnădește prin intermediul clemelor de legătură.

Pe toată lungimea sa, *pe conductorul de nul de protecție nu se montează siguranțe fuzibile* deoarece întreruperea acestuia (prin topirea fuzibilului) ar putea genera accidente foarte grave. Acest lucru se poate constata din figura 8.17 în care conductorul de nul de protecție este întrerupt în punctul *A*, iar la motorul m_1 există un defect de izolație (în *D*). Din cauza defectului de izolație, carcasa motorului m_1 se va afla la potențialul fazei defecte (faza *R*). Prin intermediul conductorului de nul de protecție, carcasa motorului m_2, carcasa cuptorului monofazat e_1 etc. se vor afla la potențialul fazei *R,* fără ca la acestea să se fi produs un defect de izolație. Din această cauză, dacă omul pune mîna pe oricare din carcasele sau stelajele metalice legate la acest nul de protecție, este electrocutat. În figura 8.17 este arătat circuitul curentului de electrocutare cînd omul pune mîna pe carcasa metalică a motorului m_2 și stă cu picioarele pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate în contact cu pămîntul.

Și din acest punct de vedere, conductorul de nul de protecție se deosebește de cel de nul de lucru deoarece pe acesta din urmă se pot monta siguranțe fuzibile. Întreruperea conductorului prin topirea fuzibilului are drept consecință întreruperea funcționării receptorului legat la acest conductor.

Pentru a asigura instalația și în cazul (improbabil) al întreruperii nulului de protecție, *protecția prin legare la conductorul de nul de protecție se dublează*

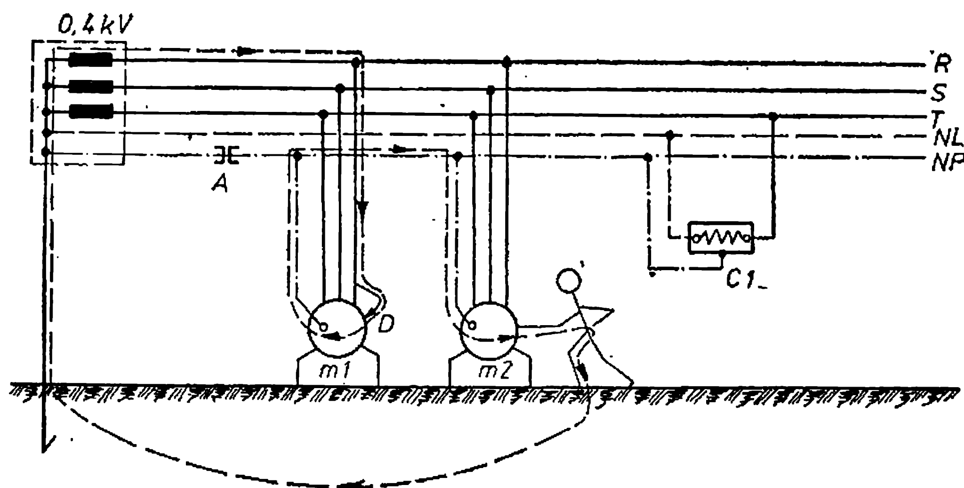


Fig. 8.17. Instalație de protecție prin legare la nulul de protecție, în care conductorul de nul de protecție s-a întrerupt.

prin legare la pămînt (în acest caz, legarea la pămînt se adoptă ca metodă suplimentară de protecție). Legarea corectă a părților metalice, ce în mod accidental pot fi puse sub tensiune, se va face la conductorul de nul de protecție și la pămînt ca în figura 8.18. În cazul întreprinderilor industriale mari, ce au mai multe corpuri de clădire, se execută de regulă mai multe prize de pămînt. Este obligatoriu ca toate aceste prize de pămînt să fie legate între ele prin conductorul de legare generală la pămînt (fig. 8.19).

În timpul exploatării instalațiilor electrice, se va urmări periodic ca instalația de protecție prin legare la nulul de protecție să se afle în perfectă stare. Pentru aceasta se vor controla periodic punctele de înnădire de pe traseul conductorului de nul de protecție, expuse mai des la lovituri mecanice, la tre-

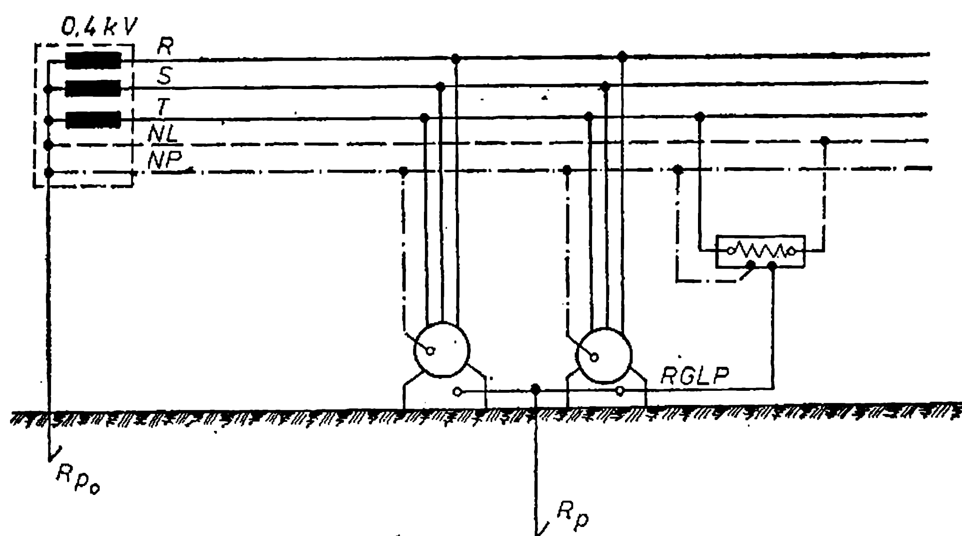


Fig. 8.18. Legarea la conductorul de nul de protecție și la pămînt.

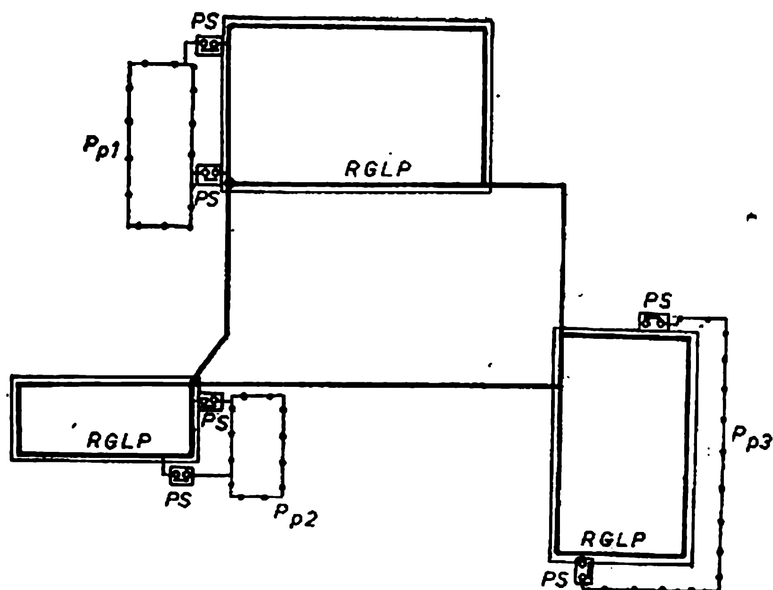


Fig. 8.19. Legarea corectă la pămînt în cazul în care sînt utilizate mai multe prize de pămînt.

pidaţii etc. De regulă, acestea sînt punctele de legătură din tabloul electric şi cele dintre conductorul de nul de protecţie şi părţile metalice la care se leagă. După verificarea acestora, se vor simula unul sau mai multe defecte de izolaţie la cîteva din maşinile sau aparatele electrice ale instalaţiei. Dacă deconectarea este instantanee, se consideră că instalaţia de protecţie prin legare la nulul de protecţie funcţionează corect.

c. Protecţia prin folosirea tensiunii reduse

Utilizarea tensiunilor reduse pentru alimentarea receptoarelor electrice constituie o metodă de protecţie pentru om împotriva electrocutării prin atingere indirectă, deoarece o dată cu tensiunea de utilizare va scădea şi tensiunea de atingere, în cazul unui defect. În tabelul 8.1 sînt indicate valorile admisibile ale tensiunii de atingere. Dacă tensiunea de utilizare a receptorului este sub valoarea admisibilă, pericolul de electrocutare practic nu există. De regulă, utilizarea tensiunilor reduse este reglementată prin norme. Cele mai frecvente utilizări le au tensiunile de:

— 12 V pentru corpuri de iluminat portative, manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase;

— 24 V pentru unelte portative (maşini de găurit, freze, polizoare), manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase;

— 42 V pentru unelte portative, dar prevăzute cu o izolaţie electrică suplimentară, manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase.

Tensiunile reduse se obţin cu ajutorul transformatoarelor speciale. Acestea au între primar şi secundar un ecran metalic ce se leagă obligatoriu la conductorul de nul de protecţie sau la pămînt (în funcţie de tipul reţelei electrice de alimentare). Deoarece izolarea electrică între primar şi secundar este obli-

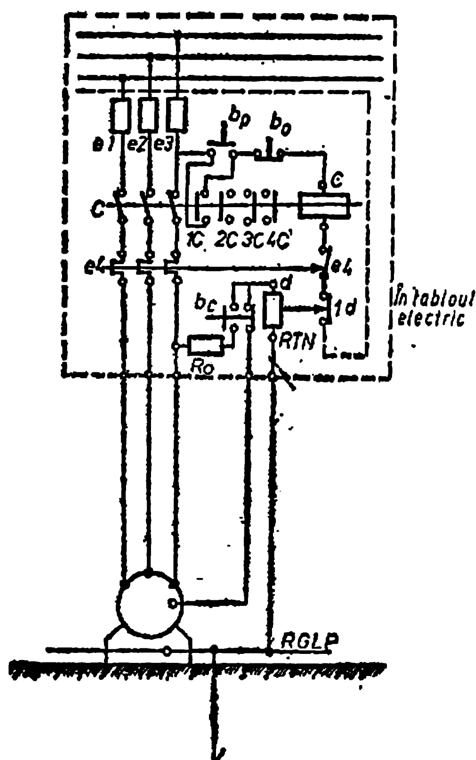


Fig. 8.20. Protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere.

gatorie este interzis a se utiliza autotransformatorul pentru obţinerea de tensiuni reduse.

2. Metode de protecţie suplimentare

Protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere (PATA). Prin *PATA* se scoate de sub tensiune receptorul, dacă între carcasa sau stelajul metalic al acesteia şi pămînt a apărut o tensiune mai mare decît tensiunea de atingere periculoasă, corespunzătoare condiţiilor de lucru ale utilajului. În figura 8.20 este arătată schema de principiu după care funcţionează această protecţie. Astfel, cînd între carcasă şi pămînt apare o tensiune mai mare decît cea periculoasă, releul *RTN* (numit *releu de tensiune nulă*) desface contactul *NÎ 1d* din circuitul bobinei contactorului *C*. În felul acesta, contactorul *C* îşi deschide contactele principale, scoţînd de sub tensiune receptorul defect. Pentru a verifica din cînd în cînd buna funcţionare a instalaţiei este prevăzut butonul de control b_c. Prin apăsarea acestuia se deconectează releul *RTN* din circuitul carcasă-pămînt şi se conectează între faza *R* şi pămînt. Rezistenţa R_0 din acest circuit are rolul de a limita tensiunea pe releu, pentru a corespunde valorii tensiunii de atingere periculoase. La apăsarea pe butonul b_c, instalaţia trebuie să deconecteze receptorul de la reţea. Dacă aceasta nu se produce, se caută defectul care poate fi:

— desfacerea unei legături electrice din circuitul *RTN*;
— blocarea releului;
— oxidarea contactelor electrice ale releului sau ale butonului b_c.

Metoda este utilizată ca metodă suplimentară în protecţia omului impotriva electrocutării prin atingere indirectă, atunci cînd se utilizează ca metodă de bază legarea la pămînt.

Capitolul 9

ECONOMISIREA ENERGIEI

Marile obiective de dezvoltare economico-socială pe termen lung a României, prevăd atingerea în anul 2000 a stadiului de țară socialistă multilateral dezvoltată. Acest obiectiv se poate atinge numai pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii, ale cunoașterii umane în general, realizînd un înalt nivel de civilizație materială și spirituală. În vederea atingerii acestor țeluri mărețe, Partidul Comunist Român a stabilit, prin Programul său, prin Programul-directivă în domeniul energiei și prin alte documente de partid și de stat, o strategie energetică clară, temeinic fundamentată științific, ce prevede, pe de o parte, dezvoltarea puternică a bazei energetice interne, prin descoperirea și valorificarea la un nivel superior a tuturor resurselor energetice clasice, disponibile, precum și a altor surse de energie, iar pe de altă parte gospodărirea cu maximum de grijă și folosirea eficientă a energiei. Această ultimă prevedere implică economisirea judicioasă a tuturor formelor de energie, dezvoltarea unor ramuri industriale de înaltă tehnicitate și mai puțin consumatoare de energie, o raționalizare strictă a consumurilor energetice.

În Expunerea tovarășului Nicolae Ceaușescu la deschiderea lucrărilor ședinței comune a Plenarei C.C. al P.C.R., a organismelor democrației muncitorești revoluționare și a organizațiilor de masă și obștești din 28—30 noiembrie 1988, s-a arătat că, în următorul deceniu, în centrul preocupărilor va sta dezvoltarea intensivă a întregii activități industriale, înfăptuirea programelor de organizare științifică și modernizare a producției și a muncii, pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii, ceea ce va însemna că, pe baza consumului aceluiași volum de materii prime și de energie, va trebui să se asigure, pe calea valorificării superioare a acestora, o creștere de circa 40—50% a valorii producției marfă, iar în unele sectoare chiar mai mult.

Se impune deci asigurarea în întregime a energiei necesare desfășurării în bune condiții a producției și a consumului general, în care scop, începînd cu anul 1989, va trebui să se treacă la utilizarea mai largă a resurselor de energie neconvenționale, astfel încît, prin folosirea biogazului, a biomasei, a energiei solare, a vîntului, a apelor termale și a microhidrocentralelor să se asigure în întregime necesitățile fermelor zootehnice și ale altor unități agricole, ale micii industrii, precum și realizarea în cîțiva ani a independenței energetice a tuturor localităților rurale, care în felul acesta nu vor mai absorbi energie din sistemul energetic național.

O direcție de acțiune de prim ordin în vederea echilibrării balanței necesități — disponibilități energetice este reducerea ritmului specific de creștere a consumului de resurse, prin măsuri menite să conducă la economii de energie. Acestea pot fi *directe* și *indirecte*.

● **Economiile directe** sînt acelea care se realizează la nivelul consumului final (deci la nivelul energiei consumabile, indiferent de forma ei, termică sau electrică) şi la nivelul tehnic existent. Procesul de obţinere a acestui fel de economii se numeşte *economisirea energiei*.

● **Economiile indirecte** de energie sînt acelea care implică schimbări tehnologice şi care pot fi realizate nu numai la nivelul consumului final, ci şi la nivelul fiecăreia din fazele de transformare a energiei. Procesul de obţinere a unei astfel de economii se numeşte *creşterea randamentelor energetice*.

A. NOŢIUNI DE ENERGETICĂ GENERALĂ

1. Forme de energie

Energia există sub diverse forme, determinate de modul de manifestare în anumite condiţii date. Principalele forme de energie sînt:

— **energia mecanică**, manifestată prin poziţia relativă între părţile unui sistem (energie potenţială) sau prin starea de mişcare în raport cu un sistem de referinţă (energie cinetică);

— **căldura**, care este o formă de schimb de energie fără efectuare de lucru mecanic între două sisteme puse în contact termic şi se manifestă prin variaţia temperaturii celor două sisteme; în cazul în care purtătorul de căldură este aburul sau apa caldă, energia respectivă poartă numele de energie *termică*;

— **energia chimic legată**, care apare în reacţiile chimice, şi anume energia ce se eliberează sau se absoarbe — sub formă de căldură — în orice reacţie chimică (de exemplu căldura degajată prin reacţia de oxidare — de ardere — a unui combustibil);

—**energia nucleară**, care apare în procesele de fisiune a nucleelor atomice ale elementelor grele şi în procesele de fuziune a nucleelor atomice ale elementelor uşoare;

— **energia cîmpului electromagnetic**, care se manifestă sub formă de efect termic (în rezistoare, de exemplu), chimic (în procesele de electroliză), magnetic (în maşini electrice etc.) sau sub formă de radiaţie (lumină, căldură, unde hertiene).

2. Resurse şi surse energetice

● Orice rezervă naturală susceptibilă de a fi valorificată pentru producerea unei forme de energie consumabilă constituie o **resursă energetică**. Astfel:

— **combustibilii naturali**: cărbunii (antracit, huilă, cărbuni bruni, lignit, turbă), ţiţeiul, gazele naturale (gazul metan, gazele de sondă sau petroliere), şisturile bituminoase, lemnul, paiele etc., care sînt purtători de energie chimic legată ce se degajează sub formă de căldură prin procesul de ardere; în vederea unei folosiri cu eficienţă sporită, unii combustibili sînt în prealabil supuşi unor procese de preparare sau prelucrare;

— **minereurile naturale de uraniu şi thoriu**, ca purtătoare de energie nucleară eliberabilă sub formă de căldură prin procesul de fisiune nucleară;

— **deuteriul şi tritiul** (conţinute în apa mărilor şi oceanelor) ca purtători de energie nucleară eliberabilă prin procesul de fuziune nucleară; realizarea

acestui proces sub formă controlată — formă obligatorie în orice proces industrial — este încă în stadiul de cercetare de laborator.

Resursele energetice se împart în:

— **resurse energetice primare** (*REP*), ce se găsesc pe pămînt în stare naturală şi care, la rîndul lor, pot fi clasificate în: *epuizabile* şi *inepuizabile* în funcţie de durata existenţei lor în raport cu consumul;

— **resurse energetice refolosibile** (*RER*), rezultate ca purtători de energie sub diverse forme (*resurse energetice secundare*) din diferitele procese tehnologice şi care pot fi valorificate în scopuri industriale, sociale, casnice etc. Spre exemplu, într-un combinat siderurgic integrat, *RER* pot conduce la reducerea consumului de energie a combustibilului pînă la 80%.

Principalele forme de *RER* sînt:

— **RER combustibile,** cum sînt: gazul de furnal, gazul de cocserie, gazele de rafinării, unele gaze rezultate din anumite procese din industria chimică, cojile de seminţe, deşeurile lemnoase nefolosibile ca materie primă etc.; toate aceste resurse trebuie recuperate prin ardere în instalaţii adecvate, înlocuindu-se astfel combustibilii clasici;

— **RER sub formă de căldură sensibilă,** ca de exemplu: căldura obţinută în diverse produse (ca, de exemplu, în cocsul incandescent, klinker, lingouri calde etc.) sau în deşeuri (de exemplu, în zguri), în gazele de ardere de la cuptoare sau cazane, în agenţii de răcire la ieşirea din agregatele răcite, în aburul uzat (utilizat) sau în apa caldă uzată etc.; modul de recuperare al acestor *RER* depinde de nivelul de temperatură; ca exemple de recuperare se menţionează recuperarea căldurii gazelor de ardere pentru preîncălzirea aerului de ardere necesar însuşi agregatului din care provin gazele ori alte agregate, sau pentru producerea de abur ori apă caldă în cazane recuperatoare etc.

— **RER sub formă de energie mecanică,** în principal energia cinetică a trenurilor în perioadele de frînare, care — în cazul tracţiunii electrice — poate fi recuperată prin folosirea drept frînă a înseşi motoarelor electrice de tracţiune, reglate pentru funcţionarea în regim de generator electric, care să injecteze energia electrică produsă de reţeaua de alimentare.

● **Sursa energetică** reprezintă rezerva de energie valorificată (resursa activată) în scopul obţinerii unei forme bine determinate de energie. Astfel:

— **energia hidraulică,** constînd din energia mecanică (energia cinetică şi energia potenţială corespunzătoare diferenţei de nivel sub care are loc scurgerea) a cursurilor de apă, a mareelor şi a valurilor; sistemele de captare a energiei valurilor sînt de-abia în fază de studiu sau în curs de experimentare;

— **energia eoliană,** adică energia mecanică, sub aspectul de energie cinetică, a aerului atmosferic în mişcare (a vîntului);

— **energia geotermică,** constînd din căldura conţinută în adîncurile subsolului terestru; din această energie, actualmente se foloseşte cea care apare — în mod natural sau prin sonde special forate — la suprafaţa solului, sub formă de apă caldă sau abur, care se utilizează — în funcţie de temperatura lor — fie direct pentru încălzirea localurilor, fie (după o eventuală supraîncălzire) pentru producerea energiei electrice prin grupuri turbogeneratoare; se fac studii pentru utilizarea căldurii rocilor calde;

— **energia solară,** constînd din energia electromagnetică radiată de soare şi ajunsă pe pămînt. Energia solară — care este la originea formării tuturor surselor naturale de energie de pe pămînt — poate fi folosită în mai multe moduri, şi anume, în principal, pentru producerea de energie termică la temperaturi joase (sub 100°C) sau ridicate (150—350°C) sau pentru producerea de energie electrică prin conversie directă. Producerea de energie termică la

temperatură joasă folosită în vederea încălzirii spaţiilor de producţie sau de locuit şi a obţinerii apei calde menajere, precum şi în unele procese tehnologice (de exemplu pentru uscarea lemnului, cerealelor etc.) se realizează prin helioconvertoare, care folosesc simultan fenomenul absorbţiei radiaţiei termice solare de către corpurile negre şi efectul de seră. Conversia directă a radiaţiei solare în energie electrică se realizează în special prin efect fotoelectric cu ajutorul bateriilor (celulelor) fotoelectrice Acest procedeu, utilizat pentru alimentarea cu energie necesară a tuturor sateliţilor şi navelor cosmice, este încă prea scump pentru a putea fi utilizat pe scară industrială; sînt însă în curs numeroase studii şi cercetări pentru realizarea de baterii fotoelectrice cu randament ridicat şi la un cost acceptabil.

Sursele naturale de energie se împart în două mari categorii:

— *surse epuizabile*, care se găsesc în pămînt în cantităţi finite în raport cu consumul şi a căror regenerare nu se poate realiza în măsura acestuia; din această categorie fac parte sursele menţionate la punctele a şi b;

— *surse inepuizabile*, care se găsesc pe pămînt în cantităţi imense în raport cu consumul sau care se regenerează de la sine cel puţin pe măsura consumului; sursele menţionate la punctele c—g se înscriu în această categorie.

Cantitativ, ***o sursă de energie epuizabilă se caracterizează prin rezerva sa***, reprezentată de cantitatea totală de energie ce o conţine, iar ***o sursă inepuizabilă, prin potenţialul anual al său***, adică prin cantitatea de energie ce o poate da anual.

Cantitatea de energie posibil de extras dintr-o sursă epuizabilă, ca şi partea din potenţialul unei surse inepuizabile posibil de utilizat în condiţiile corespunzătoare nivelului tehnicii la un moment dat, poartă numele de ***resursă energetică***.

3. Transformarea formelor de energie, randamente şi consumuri specifice

O formă oarecare de energie (sau parametrii săi) poate fi transformată în altă formă (sau adusă la alţi parametri), prin una sau mai multe transformări succesive, folosindu-se în acest scop procese şi instalaţii adecvate.

În oricare dintre procesele de transformare cantitatea E_2 de energie obţinută în urma procesului este mai mică decît cantitatea E_1 de energie supusă procesului, diferenţa

$$E_1 - E_2 = E_p > 0$$

reprezentînd o energie ce se cedează totdeauna direct sau indirect, mediului ambiant, şi care pentru procesele respective constituie o pierdere. Eficienţa proceselor şi instalaţiilor de transformare este dată de mărimea η, denumită ***randament***, definită prin relaţia:

$$\eta = \frac{E_2}{E_1} = \frac{E_1 - E_p}{E_1} = 1 - \frac{E_p}{E_1} < 1,$$

în care E_1 şi E_2 trebuie exprimate în aceleaşi unităţi de măsură (de exemplu: Joule, kWh, kcal etc.). Eficienţa menţionată poate fi dată şi de mărimea C_s, denumită *consum specific*, definită de relaţia:

$$C_s = \frac{E_1}{E_2},$$

în care E_1 şi E_2 se exprimă fiecare în unitatea de măsură specifică felului de energie respectiv, C_t reprezentînd cantitatea de energie de forma „1" consumată pentru producerea unei cantităţi de energie de forma „2".

Procesele care au drept scop modificarea formei sau a parametrilor energiei, constituie numai o parte din procesele tehnologice în care intervine energia, majoritatea proceselor avînd ca obiect realizarea de produse industriale sau de diverse alte activităţi (transporturi, lucrări agricole şi de construcţii etc.). În astfel de procese, energia poate suferi modificări de formă sau se încorporează în produsul realizat, o parte fiind însă cedată mediului ambiant şi eventualelor deşeuri apărute în proces, ceea ce — din punct de vedere practic — constituie pierderi. În aceste procese, eficienţa utilizării energiei este dată de consumul specific de energie, definit acum prin relaţia:

$$C_s = \frac{E}{A}$$

în care E este cantitatea de energie intrată în proces, exprimată în unităţi de măsură specifice formei de energie folosite, iar A — cantitatea de produse sau volumul activităţii realizate prin consumul E, exprimată în unităţi de măsură naturale sau convenţionale specifice produsului sau activităţii respective (de exemplu : tonă, pentru oţel, laminate, ciment, ulei etc.; metru, pentru ţesături, metru pătrat, pentru geamuri; bucată, pentru cărămizi, ţigle etc.; tonă-kilometru, pentru transporturi) sau în unităţi valorice (lei valoare a producţiei sau activităţii).

4. Bilanţuri energetice

Randamentul energetic şi consumul specific de energie sînt numai indicatori sintetici ai eficienţei cu care se consumă energia în diverse procese. Pentru mărimea eficienţei este necesar să se analizeze detaliat fiecare componentă a pierderilor de energie, în vederea stabilirii mijloacelor de reducere sau eliminare a lor. Mijlocul de bază care permite această analiză îl constituie *bilanţurile energetice*.

Bilanţul energetic este o formă de exprimare a legii conservării energiei, aplicată la unul sau mai multe agregate, instalaţii sau procese tehnologice ori chiar la o secţie, un atelier sau o întreprindere în ansamblul lor. Bilanţul se întocmeşte, în general, pentru o oră de funcţionare la o sarcină dată (de obicei capacitatea nominală) a elementului în cauză, afară de cazul proceselor ciclice (cum este, de exemplu, elaborarea oţelului într-un cuptor), cînd bilanţul se întocmeşte pe un ciclu întreg (în exemplul dat, pe o şarjă).

Bilanţul energetic se întocmeşte (fig. 9.1) stabilindu-se cantităţile de

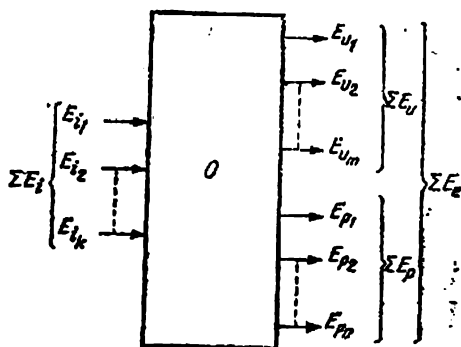


Fig. 9.1. Schema de principiu a unui bilanţ energetic pentru un obiect de protecţie:
o — obiectul pentru care se face bilanţul cu limitele fizice ale obiectului; *k* — numărul de componente distincte de energie intrată în obiect; *m* — numărul de componente distincte de energie utilă; *n* — numărul de componente distincte de pierderi de energie.

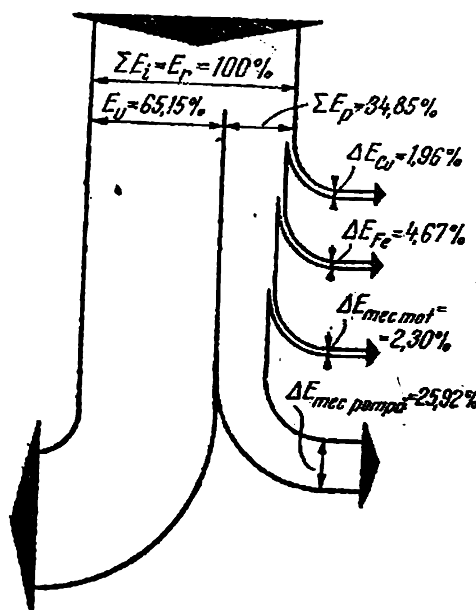


Fig. 9.2. **Exemplu de diagramă arborescentă aferentă unui bilanț energetic pentru o stație de pompare:**

E_u — energie utilă; ΣE_p — suma pierderilor de energie; ΔE_{Cu} — pierderile de energie în cupru, prin efect Joule-Lenz; ΔE_{Fe} — pierderi de energie în fier; $\Delta E_{mec\,mot}$ — pierderile de energie mecanică în motorul de antrenare; $\Delta E_{mec\,pompă}$ — pierderile în pompă.

energie E_i (de una sau mai multe forme) intrate în elementul analizat și cantitățile de energie E_e, ieșite din acesta. Energia ieșită reprezintă cantitățile de energie utilă E_u (teoretic necesară obținerii produselor sau activităților care fac obiectul agregatului, instalației, procesului etc. analizat) și cantitățile de energie E_p corespunzătoare fiecăreia dintre pierderile de energie, acestea respectînd relația de conservare a energiei: $\Sigma E_i = \Sigma E_e$ unde $\Sigma E_e = \Sigma E_u + \Sigma E_p$, în care toate mărimile trebuie exprimate într-o aceeași unitate de măsură, în bilanțul întocmit pentru un obiect în funcțiune, cantitățile de energie E_i, E_u și E_p se stabilesc pe bază de măsuri și calcule în care intervin mărimile măsurate; un astfel de bilanț poartă numele de *bilanț real*.

Odată elaborat bilanțul real, se trece la analiza fiecăreia dintre componentele mărimilor ΣE_u și ΣE_p, comparîndu-se valoarea lor procentuală raportată la ΣE_i și cea raportată la unitatea de produs, cu valorile corespunzătoare cele mai economice cunoscute pe plan mondial, se caută cauzele pentru care în obiectul analizat se obțin pierderi mai mari și apoi se stabilesc măsurile ce trebuie luate pentru reducerea acestora la valorile minime posibile; cu aceste noi valori se reface parte din bilanțul real privind energiile ieșite, rezultînd noile valori E'_u și E'_p, sumele lor, precum și suma $\Sigma E'_e$ care reprezintă și noua valoare $\Sigma E'_i$ necesară ca intrări de energie. S-a întocmit astfel un nou bilanț pentru obiectul analizat, care poartă numele de *bilanț optim* și care urmează a fi realizat de obiectul în cauză, eventual treptat, la termenele cît mai scurte posibil — fixate prin plan — pentru punerea în aplicare a fiecăreia dintre măsurile stabilite conform celor arătate mai înainte.

Elaborarea bilanțurilor energetice pe agregate, instalații și procese mari consumatoare de energie, precum și pe fiecare întreprindere, ca și actualizarea lor anuală constituie o obligație legală.

În figura 9.2 este reprezentat un exemplu de diagramă arborescentă aferentă unui bilanț energetic al acționării electrice a unei stații de pompare.

5. Curba de consum și curba de sarcină

Puterea electrică P_a absorbită de un consumator sau de un grup de consumatori variază în timp conform necesităților din fiecare moment al acestuia. Graficul (curba) acestei variații pentru o zi oarecare $P_a = f(t)$ — unde t este timpul, variabil între ora zero și ora 24 ale zilei considerate — poartă numele de *curbă de consum zilnic al consumatorului*. Aceasta diferă de la un consumator la altul și de la o zi la alta. Forma curbei este caracteristică cate-

goriei din care face parte consumatorul: întreprindere dintr-o anumită ramură a industriei, gospodărie agricolă, tracţiune electrică, magazin, instituţie, gospodărie casnică etc..

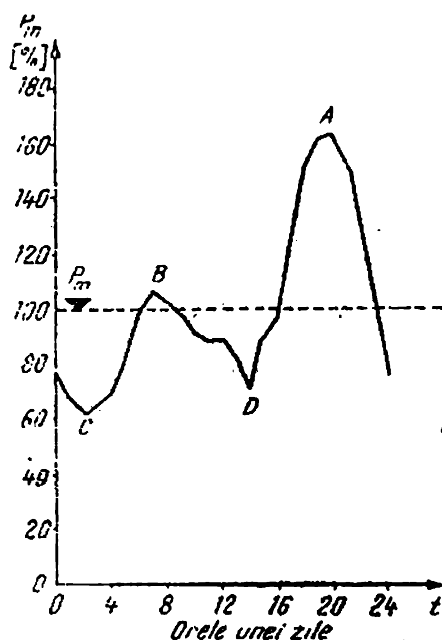


Fig. 9.3. Curbă de cónsum de iarnă pentru iluminat.

O categorie importantă de consumatori din punctul de vedere al formei curbei de consum este constituită din cei care utilizează energia electrică în principal sau exclusiv pentru iluminat (cum sînt: consumatorii casnici, iluminatul public, instituţiile, magazinele etc.) la care se observă o variaţie mare a lui P_a de-a lungul a 24 ore, corespunzătoare variaţiei iluminatului natural şi orelor de lucru şi de odihnă. În figura 9.3 este reprezentată curba de consum a acestei categorii de consumatori din ţara noastră, pentru o zi de iarnă; se constată o zonă de consum maxim (de vîrf), între orele 17 şi 23, cînd P_a atinge 164% din puterea medie $P_{a\,med\,i}$ a zilei de iarnă respective, şi două zone de consum redus (zone de gol), între orele 23—6 şi 8—16, cînd P_a scade pînă la 64% din $P_{a\,med\,i}$. Vara, acest grup de consumatori cere o putere medie zilnică $P_{a\,med\,v}$ mai mică decît $P_{a\,med\,i}$; curba de consum este similară celei de iarnă, dar vîrful este decalat spre orele mai tîrzii, are o durată mai scurtă şi o valoare — în procente din $P_{a\,med\,v}$ — mai mică decît iarna.

Dacă se construieşte curba de consum zilnic însumată a tuturor consumatorilor dintr-un sistem energetic, se obţine *curba de sarcină zilnică* a sistemului respectiv, care — ştiindu-se că energia electrică nu poate fi practic stocată, trebuie produsă chiar în momentul cînd este cerută de consumatori — reprezintă variaţia în timpul zilei considerate a puterii P produse de ansamblul centralelor electrice din sistemul energetic.

Forma acestei curbe de sarcină depinde de ponderea diferitelor categorii de consumatori în totalul consumului.

B. PRINCIPALELE MĂSURI DE ECONOMISIRE A ENERGIEI

În ceea ce priveşte măsurile de economisire a energiei de toate formele în procesele de transformare ca şi în cele de consum final, Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. prevăd că ele trebuie să conducă cel puţin la atingerea celor mai scăzute valori realizate pe plan mondial ale consumului total de energie, raportat la unitatea de venit naţional; în particular, consumul total de energie al industriei, raportat la 1 000 lei valoare a producţiei industriale, trebuie să scadă în intervalul 1981—1990 cu 40%, iar pînă în anul 2000, de 2,6 ori în comparaţie cu anul 1980. În Raportul prezentat la Conferinţa Naţională a P.C.R. din decembrie 1987 de către secretarul general al partidului, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, se subliniază că: „Este necesar să fie luate măsuri hotărîte în vederea folosirii raţionale, ştiinţifice, a materiilor prime şi

materialelor, să se respecte neabătut normele de consumuri materiale și energetice, să se acționeze în direcția elaborării de noi tehnologii și măsuri care să conducă la reducerea mai accentuată a acestora".

Principalele măsuri de economisire prevăzute în documentele mai sus citate și în Decretul nr. 620/1978 sînt expuse în cele ce urmează, cu unele detalieri și explicații de ordin tehnic.

De altfel, Decretul Consiliului de Stat din 11 noiembrie 1987 privind unele măsuri pentru raționalizarea consumului de gaze naturale și energie electrică subliniază necesitatea adoptării unor măsuri ferme care să asigure un regim sever de economisire a energiei electrice și a conbustibililor, eliminarea oricărei forme de risipă a acestor resurse de însemnătate vitală, pentru a face posibilă desfășurarea normală a activității economico-sociale.

1. Măsuri a căror concretizare sau aplicare revine organelor de conducere a economiei sau unităților economice și institutelor de cercetare și proiectare

a) **Reorientarea dezvoltării economiei** prin creșterea cu precădere, a ramurilor, subramurilor și produselor cu consumuri energetice specifice reduse, limitîndu-se la strictul necesar fabricarea și utilizarea produselor, materialelor și materiilor prime cu consumuri energetice specifice mari.

b) **Cercetarea, asimilarea și folosirea de noi tehnologii cu consumuri energetice specifice cît mai reduse, precum și de noi instalații și utilaje cu randamente energetice cît mai ridicate.**

c) **Înlocuirea sau perfecționarea tehnologiilor existente care au consumuri energetice specifice mari și a utilajelor și instalațiilor cu randamente energetice mici,** între acestea din urmă menționîndu-se instalațiile de ardere (arzătoare, injectoare, grătare, focare).

d) **Extinderea termoficării industriale și urbane**, adică a producerii combinate de energie electrică și de căldură, aceasta din urmă — sub formă de abur sau (și) apă fierbinte —fiind livrată consumatorilor pentru încălzire tehnologică, a halelor și a locuințelor, în producția combinată, randamentul de utilizare a combustibilului crește în proporție însemnată (pînă la de două ori) față de cazul producerii separate.

e) **Trecerea rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice la tensiuni cît mai ridicate în raport cu caracterul rețelei,** ceea ce duc la scăderea pierderilor prin efect Joule în conductoarele rețelelor, deoarece sînt invers proporționale cu pătratul tensiunii sub care funcționează rețeaua.

f) **Economisirea maximă a hidrocarburilor folosite drept combustibil prin:**

— *înlocuirea lor*, ori de cîte ori este posibil, la cazane și cuptoare, *cu cărbuni* (în special *lignit*) și *șisturi bituminoase*, iar la autovehicule, *cu noi carburanți*;

— *extinderea tracțiunii electrice feroviare*;

g) **Folosirea,** ori de cîte ori este posibil, *a uscării naturale* în locul celei cu consum de combustibil, energie termică sau electrică (de exemplu, uscarea naturală a cerealelor și furajelor, a unor materiale de construcții — cărămizi, țigle etc. — a lemnului etc.).

h) **Recuperarea resurselor energetice secundare** (care este una dintre cele mai importante căi de economisire a energiei).

Detalii se dau în paragraful 5.

i) **Economisirea maximă a materialelor și materiilor prime**, deoarece producerea sau extracția acestora au necesitat anterior consumuri energetice care se irosesc în cazul risipei de materiale și materii prime. Drept căi de economisire a acestora, se citează:

— *reducerea*, prin folosirea de tehnologii adecvate, a *adaosurilor de prelucrare*: prin această reducere apare și o economie suplimentară de energie corespunzătoare reducerii consumului pentru prelucrare;

— *reducerea*, prin proiectare, a *greutății diverselor piese și utilaje* în acest cadru reducerea greutăților pieselor în mișcare aduce și o economie de energie la utilizatorul acestora, în principal prin micșorarea consumului de energie necesar la fiecare pornire pentru învingerea inerției (aducerea la viteza necesară);

— *recuperarea și refolosirea materialelor*, de exemplu, producerea oțelurilor pornindu-se de la fier vechi în loc de a se porni de la minereul de fier, reprezintă o economie de minimum 30% la consumul de energie.

— *recondiționarea și refolosirea de mai multe ori a pieselor, a subansamblurilor și a mașinilor.* Economia rezultă din faptul că recondiționarea pieselor necesită un consum de energie mult mai mic decît cel corespunzător realizării lor din nou;

— *măsurile de exploatare* prevăzute la paragraful D2, lit. g.

j) **Ameliorarea factorului de putere** (cos φ) constituie o cale de reducere a pierderilor de energie prin efect Joule în rețelele electrice, deoarece acestea sînt invers proporționale cu pătratul factorului de putere. Ameliorarea factorului de putere se realizează prin *măsuri de exploatare* (v. paragraful D2, lit. j) precum și prin:

— *utilizarea de motoare sincrone în locul celor asincrone*, ori de cîte ori utilajul antrenat permite, aceste motoare putînd funcționa — prin reglajul excitației — la cos φ = 1 sau chiar în regim capacitiv;

— *compensarea factorului de putere prin montarea*, după caz, *de condensatoare statice sau de compensatoare sincrone* (motoare sincrone care nu acționează nici un utilaj — adică funcționează în gol — și prin supraexcitare, lucrează în regim capacitiv) care livrează energie reactivă în rețea, compensînd consumul de energie reactivă al altor utilaje.

k) **Completarea dotării cu aparate de măsurat și de control**, astfel încît să se poată realiza: urmărirea și reglarea tuturor parametrilor care condiționează funcționarea optimă a tuturor proceselor energetice și tehnologice, efectuarea bilanțurilor energetice, contorizarea consumurilor de combustibil, energie electrică și energie termică.

l) **Introducerea și extinderea automatizării proceselor de producție și a agregatelor**, care este singurul mijloc ce permite reglarea, moment cu moment a parametrilor necesari funcționării optime a tuturor proceselor tehnologice și energetice.

m) **Efectuarea anuală a bilanțurilor energetice**, pe a căror bază să se detecteze pierderile și consumurile neraționale de energie de toate formele, stabilindu-se măsurile necesare de remediere.

n) **Stabilirea, prin plan, de norme de consum, tehnic fundamentate, de combustibil, energie electrică și energie termică** atît pentru fiecare produs sau activitate tehnologică principală, cît și pentru iluminat și încălzit. Prin *normă de consum* se înțelege consumul specific maxim admis de energie de o anumită formă pentru un anumit an, pentru realizarea unei unități dintr-un anumit produs sau activitate, ori pentru încălzit sau iluminat. Normele fundamentate tehnic au în vedere măsurile de economisire prescrise pentru optimizarea bilanțurilor energetice și termenele planificate pentru aplicarea lor.

o) **Stabilirea, pe baza normelor de consum şi a planului de producţie, a cantităţilor de energie de formele şi calităţile necesare** ce se atribuie fiecărei unităţi economice, care este obligată a se înscrie în aceste cantităţi.

p) **Îmbunătăţirea continuă a planificării şi organizării producţiei şi a muncii:**

— organizarea, pe fiecare unitate economică şi pe secţii mari consumatoare de energie, de unităţi sau comisii energetice care să urmărească şi să răspundă de problemele de economisire a energiei de toate formele;

— asigurarea unei strînse colaborări între personalul energetic şi cel tehnologic de la toate nivelele, întrucît între problemele energetice şi cele tehnologice există, după cum s-a văzut, o strînsă legătură;

— planificarea execuţiei la timp a lucrărilor de reparaţii şi întreţinere, pentru a se evita oprirea accidentală a instalaţiilor (cu dezavantajele arătate la paragraful 2, lit. c) şi a se permite funcţionarea acestora la parametri normali;

— crearea condiţiilor de încărcare intensivă a utilajelor (pentru necesitatea realizării acestei încărcări, vezi paragraful 2. lit. b) şi, în general, a tuturor măsurilor de economisire, a căror aplicare revine personalului de exploatare.

r) **Perfecţionarea continuă a pregătirii profesionale a personalului energetic şi tehnologic.**

Măsurile de la literele a—p de mai sus se referă la instalaţiile tehnologice, cu excepţia măsurilor de la literele n—o, care se vor aplica şi în domeniul iluminatului şi încălzirii. Măsurile principale de economisire a energiei în domeniul iluminatului şi încălzirii în unităţi economice şi instituţii sînt arătate mai departe, la literele s—u, cum şi cele privind exploatarea, în paragraful 2, lit. v şi w.

s) **Înlocuirea lămpilor cu incandescenţă cu tuburi fluorescente** sau după caz — **cu lămpi cu descărcări în gaze,** care au un consum de energie mult mai redus.

t) **Înlocuirea iluminatului general din hale şi birouri cu iluminat local** (inclusiv secţionarea reţelei de iluminat, cu gruparea judicioasă a locurilor de luminat).

u) **Introducerea „orei de vară".** Începînd din anul 1979, prin Decretul nr. 190/1979, s-a legiferat pentru lunile aprilie—septembrie o măsură specială de economisire a energiei electrice şi anume introducerea „orei de vară", adică decalarea, în perioada celor şase lumi menţionate, a orei oficiale cu o oră înainte faţă de ora oficială normală, care este ora fostului orar în care se găseşte situată geografic ţara noastră (ora numită a Europei Orientale). Astfel, în această perioadă, cînd se luminează de ziuă foarte devreme, se translatează întreaga activitate economică, socială şi culturală cu o oră în avans, astfel încit se poate folosi mai complet perioada de lumină naturală, reducîndu-se consumul de energie electrică pentru iluminat, în special în timpul vîrfului de sarcină de seară, fără a se aduce vreo perturbare nici unei activităţi, viaţa desfăşurîndu-se după acelaşi orar ca în perioada orei fusului orar, iar toţi consumatorii beneficiază automat de o micşorare a cheltuielilor pentru energia electrică. Aplicarea acestei măsuri a condus în ţara noastră, în anul 1979, la o economie de energie electrică de 300—350 milioane kWh, avînd şi efecte de aplatizare a curbei de sarcină a sistemului energetic, conform celor arătate în paragraful 4.

v) **Dimensionarea judicioasă a instalaţiilor de încălzire, prevederea dispozitivelor de reglare necesare pentru uniformizarea temperaturilor în încăperi, automatizarea punctelor termice de distribuţie a căldurii.**

w) **Izolarea termică bună a spaţiilor încălzite.**

2. Măsuri a căror aplicare revine personalului direct de exploatare și întreținere din întreprinderi

a) **Reglarea corectă a arderii**, pentru a se realiza, la orice sarcină, o ardere chimic completă, cu excesul de aer minim necesar.

b) **Exploatarea intensivă a utilajelor**, adică încărcarea lor la o sarcină cît mai mare, evitîndu-se funcționarea în gol sau la o sarcină redusă. În adevăr, randamentul energetic η și consumul specific de energie C_s al oricărui utilaj variază cu sarcina (încărcarea) A a utilajului, conform figurii 9.4, *a* valabilă pentru restul utilajelor. Din aceste figuri se constată că, pentru mersul în gol ($A = 0$), $\eta = 0$ și $C_s = \infty$, iar cum sarcina crește, η crește și C_s descrește continuu pînă la atingerea unor valori η_{max} respectiv $C_{s\,min}$, care au loc în cazul figurii 9.4, *a*, pentru încărcarea maxim posibilă, A_{max}, iar în cazul figurii 9.4, *b*, pentru o încărcare optimă $A_{opt} < A_{max}$, în continuare (cînd $A_{opt} < A < A_{max}$) intervenind o mică scădere a lui η, respectiv o mică creștere a lui C. Rezultă eficiența funcționării la o încărcare cît mai mare, chiar în cazul utilajelor la care corespunde figura 9.4, *b*, deoarece scăderea lui η și creșterea lui C_s pentru $A > A_{opt}$ sînt mici.

Se menționează că la mersul în gol are loc, la orice utilaj, un consum de energie care este integral o pierdere.

Un mijloc de evitare a mersului în gol îl constituie folosirea de limitatoare de mers în gol, prin care se întrerupe automat alimentarea cu energie electrică a utilajului, cînd se depășește un timp limită de mers în gol.

În cadrul activităților de transport trebuie, în particular, *să se evite atît staționările lungi cu motorul în funcțiune*, cît *și cursele fără încărcătură sau cu sarcina redusă*, deoarece — datorită greutății proprii mari a vehiculelor — consumul de carburant chiar la circulația fără încărcătură este foarte ridicat. În acest scop trebuie raționalizate fluxurile de transport, iar în cazul transporturilor rutiere trebuie în plus, să se generalizeze folosirea remorcilor.

c) **Evitarea opririlor accidentale ale instalațiilor și utilajelor**, deoarece repornirea este legată de consumuri suplimentare de energie, uneori deosebit de mari; astfel:

— la cazane, cuptoare și alte instalații la care există pereți din materiale refractare sau cu izolații termice, pe durata opririi se pierde, în funcție de

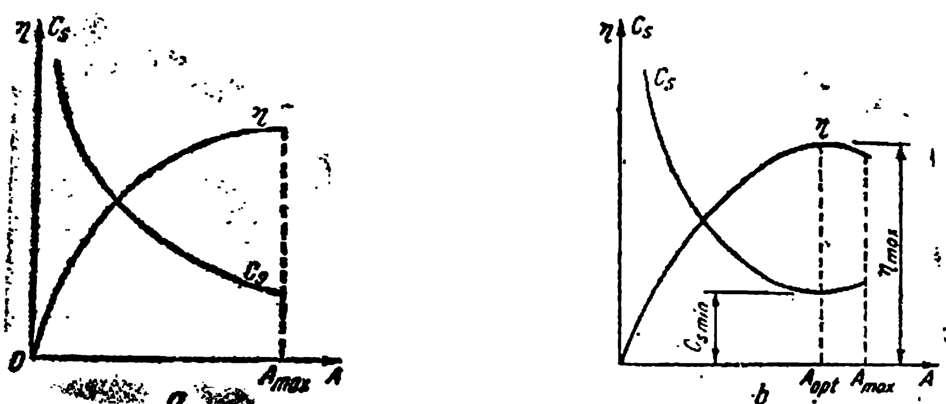


Fig. 9.4. Variația randamentului energetic și a consumului specific de energie în funcție de sarcină:

a — pentru majoritatea utilajelor; *b* — pentru restul utilajelor.

această durată, o parte sau chiar toată căldura acumulată în pereți, răcindu-se totodată și materialul supus încălzirii (uneori trebuind să fie rebutat), fiind necesar, la repornire, un consum suplimentar de energie pentru a se reveni la temperaturile anterioare opririi;

— în unele procese tehnologice — în special din industria chimică — o oprire, chiar foarte scurtă, poate duce la durate mari sau foarte mari pentru reluarea procesului și atingerea parametrilor anteriori și adesea la rebuturi importante de produse și subproduse intermediare. Pe toată durata reluării procesului au loc consumuri importante de energie, care constituie pierderi;

— la instalațiile cu piese în mișcare, repornirea necesită un consum suplimentar de energie pentru accelerarea lor pînă la atingerea vitezei anterioare opririi.

d) **Menținerea în bună stare a izolației termice a instalațiilor**, pentru evitarea pierderilor exagerate de căldură și — la nevoie — întărirea izolației respective.

e) **Etanșarea cît mai perfectă a instalațiilor și menținerea ei în bună stare.** În acest fel, la instalațiile lucrînd sub presiune se evită pierderea de fluide energetice sau pentru a căror producere, captare sau distribuție se consumă energie, cum sînt: combustibili gazoși, sau lichizi, fluidele calde (abur, gaze calde, apă caldă etc.), aerul comprimat, oxigenul, acetilena, apa etc., iar la instalațiile lucrînd cu depresiune se evită intrarea de fluide din exterior, exemplu intrarea de aer fals în focare sau pe traseul gazelor de ardere, care provoacă răcirea acestora, antrenînd consumuri suplimentare de combustibil.

f) **Efectuarea de bună calitate a lucrărilor de reparații și întreținere a instalațiilor energetice și tehnologice**, care evită opririle accidentale din funcțiune a instalațiilor și asigură posibilitatea funcționării lor la parametrii normali, menținînd buna stare a izolației termice, a etanșeității etc.

g) **Economisirea pe toate căile a materialelor și materiilor prime**, între altele prin eliminarea rebuturilor în toate fazele de fabricație; justificarea acestei măsuri rezultă din cele arătate la paragraful 1, lit. i.

h) **Folosirea continuă și menținerea în bună stare de funcționare a tuturor instalațiilor de recuperare a resurselor energetice secundare** (despre această problemă, vezi paragraful 5).

i) **Respectarea de către autovehiculele rutiere a vitezelor maxime stabilite prin lege** — diferențiat după tipul autovehiculelor — deoarece peste vitezele respective are loc o creștere mare a consumului specific de carburant.

j) **Ameliorarea factorului de putere** ($\cos \varphi$) **sub care funcționează motoarele** asincrone (justificarea acestei ameliorări este dată în paragraful 1, lit. j), prin evitarea funcționării lor în gol sau cu sarcină redusă, deoarece valoarea acestui factor este foarte mică (0,5—0,25) la mersul în gol, precum și la sarcini reduse și atingînd valoarea maximă abia la sarcina maximă.

k) **Reglarea curbei de consum** (și prin aceasta, **aplatizarea curbei de sarcină a sistemului**); justificarea acestei măsuri și mijloacele concrete de realizare a sa sînt arătate în paragraful 4.

Măsurile de la literele a—k de mai sus se referă la instalațiile tehnologice. În domeniul iluminatului și încălzirii în unitățile economice și instituții, principalele măsuri de economie sînt date mai departe, la literele, l—n, respectiv la litera o.

l) **Folosirea maximă a iluminatului natural**, care implică menținerea în stare de curățenie a geamurilor, pereților de sticlă și luminatoarelor.

m) **Evitarea folosirii unei iluminări exagerate.**

n) **Folosirea iluminatului electric numai în locurile în care şi în timpul cînd** este **efectiv necesar,** evitîndu-se folosirea iluminatului general.

o) **Reglarea temperaturii în spaţiile încălzite la valorile maxime prevăzute de lege:** 16° C în halele industriale, 18° C în birouri.

3. Măsuri de economisire a combustibililor, energiei electrice şi energiei termice ce trebuie luate de locatari în gospodăriile lor casnice

În acest domeniu trebuie aplicate măsurile prevăzute la paragraful 2, literele l—o, cu observaţia că temperatura maximă admisă de lege în încăperile de locuit este de 18°C, precum şi următoarele măsuri:

a) **Folosirea de preferinţă a tuburilor fluorescente în locul lămpilor cu incandescenţă,** deoarece acestea din urmă au un randament mult mai mic decît primele.

b) **Menţinerea unei etanşeităţi cît mai bune a uşilor şi ferestrelor,** în vederea evitării intrării de aer rece şi deci a pierderilor de căldură.

Pentru a cointeresa pe consumatorii casnici la economisirea energiei electrice şi a gazelor naturale, tarifele pentru această categorie de consumatori prevăd valori progresive pentru cantităţile consumate în plus peste anumite limite raţionate, acestea din urmă fixate prin tarife în funcţie de numărul de încăperi care compun un apartament şi de numărul de persoane care îl locuiesc.

4. Aplatizarea curbei de sarcină a sistemului energetic

Întrucît energia electrică trebuie produsă chiar în momentul în care este cerută de consumatori, puterea instalată a centralelor electrice din sistemul energetic trebuie să fie egală cu puterea maximă cerută de consumatori, care are loc în momentul vîrfului de seară de iarnă la care se adaugă pierderile de transport şi o anumită putere de rezervă, necesară în diverse scopuri.

Cheltuielile de investiţii, de exploatare şi de întreţinere a centralelor electrice sînt proporţionale cu puterea instalată a acestora. Pentru micşorarea acestor cheltuieli trebuie deci să se reducă vîrful de sarcină de seară al sistemului, realizîndu-se astfel o aplatizare (turtire) a curbei de sarcină. Această aplatizare este şi o sursă de economie de energie electrică, întrucît reducerea puterii maxime conduce la o scădere a pierderilor în reţele prin efect Joule, care sînt proporţionale cu pătratul puterii care trece prin reţea.

În vederea aplatizării curbei de sarcină, *fiecare consumator trebuie să-şi regleze curba sa de consum,* această reglare constînd în repartizarea puterii absorbite cît mai constant de-a lungul a 24 ore, în special cu reducerea puterii absorbite în orele de vîrf (mai ales a vîrfului de seară) cît mai mult, prin mutarea în restul orelor a consumului din orele de vîrf. În acest sens, la consumatorii industriali sau similari se recomandă în principal:

— crearea de instalaţii *„consumatoare tampon"*, adică de instalaţii avînd un surplus de capacitate astfel stabilit, încît să permită realizarea producţiei planificate prin funcţionare numai în afara orelor de vîrf ale sistemului energetic;

— evitarea pornirii concomitente a mai multor electromotoare, deoarece acestea cer la pornire puteri sporite;

— evitarea situației ca mai multe cuptoare electrice pentru topirea metalelor să se găsească concomitent în faza de topire, care cere puteri mărite față de celelalte faze.

Pentru stimularea consumatorilor industriali la aplatizarea curbei de sarcină a sistemului, tariful de energie electrică pentru această categorie de consumatori prevede valori mai ridicate pentru energia și puterea absorbite în orele de vîrf (care, de altfel, revin realmente la costuri mult mai ridicate) și aplicarea penalizării cînd se depășește puterea maximă admisibilă stabilită ținîndu-se seamă de măsurile de reglare posibile.

Introducerea orei de vară — acțiune despre care s-a vorbit în paragraful 1, lit. u, constituie și ea o măsură de aplatizare pe timpul verii, a curbei de sarcină a sistemului energetic.

5. Recuperarea surselor energetice secundare

Ca rezultat al multor procese consumatoare de energie de diverse forme, apar — pe lîngă produsele sau activitățile care formează obiectul principal al procesului — diverși purtători de energie de diferite forme. Acești purtători și cantitățile de energie respective se numesc *resurse energetice secundare* (prescurtat *RES*). Utilizarea acestor resurse în diverse scopuri poartă numele de *recuperare a RES* și este de o deosebită importanță, întrucît volumul *RES* este foarte mare (de exemplu, într-un combinat siderurgic integrat, recuperarea totală a *RES* poate duce la scăderea cu 75—80% a consumului de energie primară al combinatului). Conform legii, recuperarea *RES* este obligatorie, iar instalațiile noi nu pot fi puse în funcțiune decît concomitent cu dispozitivele de recuperare *RES* generate de acele instalații.

Ca exemple principale de *RES* se menționează:

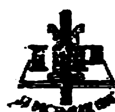
— **RES combustibile**, cum sînt: gazul de furnal, gazul de cocserie, gazele de rafinării, unele gaze rezultate din anumite procese din industria chimică, cojile de semințe, deșeurile lemnoase nefolosibile ca materie primă etc.; toate aceste resurse trebuie recuperate prin ardere în instalații adecvate, înlocuindu-se astfel combustibilii clasici;

— **RES sub formă de căldură sensibilă**, ca de exemplu: căldura obținută în diverse produse (ca, de exemplu, în cocsul incandescent, clinker, lingouri calde etc.) sau în deșeuri (de exemplu, în zguri), în gazele de ardere de la cuptoare sau cazane, în agenții de răcire la ieșirea din agregatele răcite, în aburul uzat (utilizat) sau în apa caldă uzată etc.; modul de recuperare al acestor *RES* depinde de nivelul lor de temperatură; ca exemple de recuperare se menționează recuperarea căldurii gazelor de ardere pentru preîncălzirea aerului de ardere necesar însuși agregatului din care provin gazele ori alte agregate, sau pentru producerea de abur ori apă caldă în cazane recuperatoare etc.

— **RES sub formă de energie mecanică**, în principal energia cinetică a trenurilor în perioadele de frînare, care — în cazul tracțiunii electrice — poate fi recuperată prin folosirea drept frînă a înseși motoarelor electrice de tracțiune, reglate pentru funcționarea în regim de generator electric, care să injecteze energia electrică produsă de rețeaua de alimentare.

CUPRINS

Plan editură Nr. 1959. Coli de tipar 13,25.
Bun de tipar : 10.IV.1989.



Tiparul executat sub comanda
nr. 31 la
Intreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918",
str. Grigore Alexandrescu nr. 89-97
București,
Republica Socialistă România